

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт – Энергетический  
Направление подготовки – 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
Кафедра – Электротехнических комплексов и материалов  
Направление подготовки – Электрические и электронные аппараты

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы	
<b>Анализ технических характеристик гистерезисных муфт электропривода запорной арматуры</b>	

УДК 621.825.035:62–83.001.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г2Г	Савельева Мария Вячеславовна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Сипайлова Надежда Юрьевна	к.т.н., доцент		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Трофимова Маргарита Николаевна	доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Невский Егор Сергеевич			

По разделу «Технология производства электрических аппаратов»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Баранов Павел Рудольфович	к.т.н., доцент		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭКМ	Гарганеев Александр Георгиевич	д.т.н., профессор		

Томск – 2016 г.

## Запланированные результаты обучения по направлению

### 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Результат обучения
Профессиональные компетенции
Р 1 Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа электрических устройств, объектов и систем.
Р 2 Уметь формулировать задачи в области электроэнергетики и электротехники, анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.
Р 3 Уметь проектировать электроэнергетические и электротехнические системы и их компоненты.
Р 4 Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния электрооборудования, объектов и систем электроэнергетики и электротехники, интерпретировать данные и делать выводы.
Р 5 Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области электроэнергетики и электротехники.
Р 6 Иметь практические знания принципов и технологий электроэнергетической и электротехнической отраслей, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.
Универсальные компетенции
Р 7 Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области электроэнергетики и электротехники
Р 8 Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях электроэнергетики и электротехники.
Р 9 Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области электроэнергетики и электротехники.
Р 10 Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.
Р 11 Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области электроэнергетики и электротехники с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.
Р 12 Быть заинтересованным в непрерывном обучении и совершенствовании своих знаний и качеств в области электроэнергетики и электротехники.

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
 высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Энергетический  
 Направление подготовки (специальность) Электроэнергетика и электротехника  
 (Электрические и электронные аппараты) \_\_\_\_\_  
 Кафедра Электротехнических комплексов и материалов

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_ Гарганеев  
А.Г. \_\_\_\_\_  
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ  
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
5Г2Г	Савельевой Марии Вячеславовне

Тема работы:

Анализ технических характеристик гистерезисных муфт электропривода запорной арматуры

Утверждена приказом директора (дата, номер)	№343/с от 25.01.2016
---	----------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.05.2016
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>  <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объект исследования – магнитно-гистерезисная муфта Материал гистерезисного слоя – сплав Fe-Cr-Co. Область применения – электропривод запорной арматуры нефте- и газопроводов. Технические условия в соответствии с областью применения.
--	--

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Анализ проблем в сфере электропривода запорной арматуры</li> <li>2. Анализ требований к электроприводу запорной арматуры, обзор существующих систем электроприводов.</li> <li>3. Анализ конструкций магнитно-гистерезисных муфт;</li> <li>4. Обзор магнито-твердых и гистерезисных материалов, используемых в магнитно-гистерезисных муфтах.</li> <li>5. Расчет и анализ параметров и технических характеристик.</li> </ol>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Гистерезисная муфта с аксиальным воздушным зазором (сборочный чертеж)</p> <p>График загрузки оборудования</p> <p>Схема сборки гистерезисной муфты</p> <p>Эскиз гистерезисной муфты с когтеобразным индуктором</p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Трофимова Маргарита Николаевна
«Социальная ответственность»	Невский Егор Сергеевич
«Технология производства электрических аппаратов»	Баранов Павел Рудольфович

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	07.01.2016
---	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сипайлова Надежда Юрьевна	Кандидат технических наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г2Г	Савельева Мария Вячеславовна		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 106 с., 11 рис., 24 табл., 15 источников, 3 прил.

Ключевые слова: гистерезисная муфта, электропривод запорной арматуры.

Объектом исследования являются гистерезисные муфты в системе электропривода запорной арматуры.

Цель работы – проведение расчёта технических характеристик, анализ полученных результатов и выработка рекомендаций по использованию гистерезисных муфт в составе электропривода запорной арматуры.

В процессе исследования проводились расчёты габаритных размеров гистерезисных муфт различных конструкций.

Степень внедрения гистерезисных муфт небольшая, что делает их перспективным объектом исследования.

Областью применения являются запорные арматуры магистральных нефте- и газопроводов.

В будущем планируется более подробный расчёт наиболее перспективных конструкций с целью уточнения полученных результатов.

## Оглавление

Введение.....	8
1 Основные сведения о запорной арматуре .....	9
1.1 Функциональное назначение запорной арматуры.....	9
1.2 Технические характеристики электропривода запорной арматуры .....	11
1.3 Модернизация электропривода трубопроводной арматуры .....	12
2 Гистерезисная муфта .....	15
2.1 Устройство гистерезисных муфт.....	15
2.2 Принцип действия гистерезисных муфт .....	20
2.3 Материалы в гистерезисной муфте.....	26
3 Анализ технических характеристик муфт .....	30
3.1 Технологические особенности различных гистерезисных муфт	31
3.2 Расчёт диаметров гистерезисных муфт .....	32
3.3 Расчёт и сравнение индукторов гистерезисных муфт .....	34
Вывод по разделу .....	38
4 Раздел по теме: «Технология производства электрических и электронных аппаратов» .....	40
Введение.....	40
4.1 Анализ исходных данных .....	42
4.2. Оценка технологичности конструкции.....	43
4.3 Составление схемы сборки и маршрутной технологии.....	44
4.4 Выбор оборудования .....	46
4.5. Расчет норм времени .....	47
4.6. Расчет количества оборудования .....	48

Вывод по разделу .....	50
5 Раздел по теме: «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».....	52
Введение.....	52
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований.....	53
5.2 Технология QuaD .....	54
5.3 SWOT-анализ.....	57
5.4 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований .....	64
5.5 Планирование научно-исследовательских работ .....	65
5.6 Разработка графика проведения научного исследования.....	67
5.7 Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	71
5.8 Определение ресурсоэффективности проекта .....	78
6 Раздел по теме: «Социальная ответственность».....	83
6.1 Производственная безопасность .....	83
6.2 Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого контактора.....	85
6.3 Экологическая безопасность .....	87
6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	87
6.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	88
Заключение .....	90

## **Введение**

В наше время нефте– и газопроводы распространены по территории нашей страны практически повсеместно. Одной из важных задач при их проектировании и эксплуатации является возможность перекрытия отдельных участков трубопровода. Одним из самых распространенных типов запорной арматуры являются задвижки, устанавливаемые через каждые 15-20 км трубы в зависимости от ландшафта местности. Так как зачастую трубопроводы расположены там, где постоянный доступ человека вызывает трудности, а климатические условия оставляют желать лучшего, к задвижкам предъявляются серьезные требования. В том числе при выборе той или иной задвижки важным фактором является способность задвижки плотно перекрывать участок трубопровода, отрабатывать весь срок эксплуатации без поломок и иметь относительно небольшую стоимость. Поэтому актуальной является задача повышения эффективности задвижек путем добавления в их конструкцию гистерезисной муфты. Данное действие позволит улучшить механическую характеристику электропривода в составе задвижки, при этом незначительно усложняя конструкцию и изменяя общие массогабаритные показатели. Так как для трубопроводов применяются задвижки различных размеров и мощности, то одной из целей данной работы является подбор оптимальной конструкции гистерезисной муфты для задвижек с двигателями различной мощности.



# **1 Основные сведения о запорной арматуре**

## **1.1 Функциональное назначение запорной арматуры**

Задвижка – это тип запорной арматуры, у которой запирающий элемент перемещается перпендикулярно оси потока рабочей среды возвратно-поступательно или возвратно-поворотом [1].

По типу затвора задвижки подразделяются на:

- с клиновым запирающим элементом (клиновые задвижки);
- с параллельным запирающим элементом (параллельные задвижки).

Клиновые задвижки подразделяются на:

- задвижки с цельным клином (жёсткая и надёжная конструкция, но требующая высокоточного оборудования при производстве и обслуживании);
- задвижки с упругим клином (конструкция, позволяющая исключить возможность заклинивания при непостоянстве температуры);
- задвижки с составным клином.

Задвижки с составным клином не требуют специального оборудования для изготовления деталей узла затвора задвижек и позволяют обеспечить плотное прилегание уплотнительных поверхностей дисков к уплотнительным поверхностям седел корпуса, благодаря гарантированной самоустановке дисков по седлам корпуса.

С точки зрения безопасности основным преимуществом задвижек с составным клином по сравнению с задвижками с цельным или упругим клином является их лучшая ремонтпригодность.

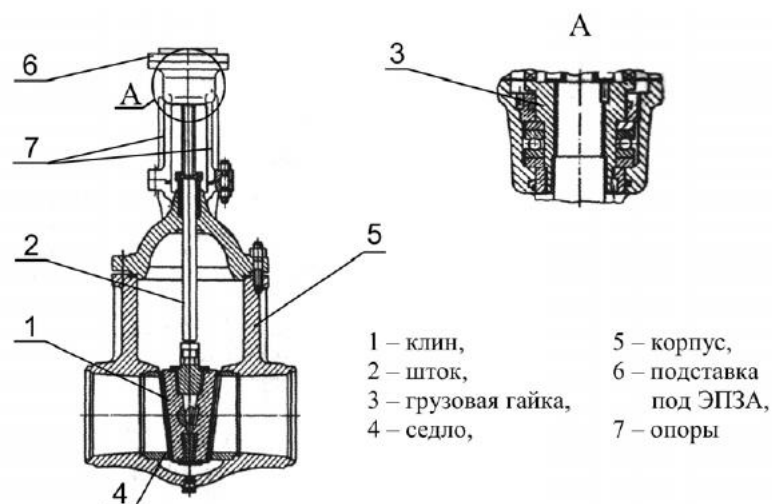


Рисунок 1.1 – Клиновая задвижка с составным клином

По виду управления задвижки могут быть:

- с ручным управлением от маховика (штурвала);
- с электроприводом (ЭП);
- с пневмо– или гидроприводом;
- действующие от рабочей среды.

При наличии электро-, пневмо- или гидропривода задвижки снабжаются ручным дублером управления для того, чтобы иметь возможность управлять задвижкой при отсутствии электрической энергии или давления в системе управления задвижкой [1].

В сравнении с параллельными задвижками клиновые для достижения герметичности требуют приложения меньшего усилия со стороны приводного устройства, что позволяет уменьшить мощности приводных устройств, а также получить более плотное прилегание уплотнительных поверхностей благодаря наличию упругой деформации обеих составляющих клина, но требует для этого повышения точности клинового соединения.

Требования к параметрам эксплуатации клиновых задвижек перекрывают требования к задвижкам всех остальных типов. По этой причине далее в работе под термином «задвижка» будет подразумеваться задвижка клиновой конструкции [2].

## 1.2 Технические характеристики электропривода запорной арматуры

В трубопроводной арматуре используется взрывозащищённый электропривод, предназначенный для дистанционного и местного управления запорной арматурой.

Электропривод позволяет осуществлять:

- закрытие – открытие проходного сечения арматуры и остановку запорного устройства арматуры в любом промежуточном положении;
- автоматическое отключение электродвигателя при превышении допустимых нагрузок на выходном звене в любом положении запорного устройства и при его достижении крайних положений;
- указание положения запорного устройства арматуры в процессе работы на местном указателе положения;

В ЭП трубопроводной арматуры используются асинхронные электродвигатели мощностью от 0,25 до 45 кВт, питающиеся от трёхфазной сети 380 В 50 Гц и с номинальной частотой вращения 1500 об/мин.

Основные технические характеристики ЭП приведены в Таблице 1.1 [3]

Таблица 1.1 Основные технические характеристики ЭП

Наименование параметра	Норма
Рабочий диапазон температур окр.воздуха	–60 °С – +50 °С
Влажность ( при 35°С и ниже)	до 95 %
Скорость изменения температуры	до 5 °С/ч
Сейсмоустойчивость	до 9–10 баллов включительно
Максимальный крутящий момент на выходном звене	10000 Н · м
Максимальная частота вращения выходного звена	не менее 10 об/мин
Диапазон ограничения крутящего момента на выходном звене	2 000 – 10 000 Н · м
Степень защиты изделия	IP 67
Масса	не более 350 кг

### 1.3 Модернизация электропривода трубопроводной арматуры

Электропривод трубопроводной арматуры должен выполнять свои функции находясь на удалении от диспетчерских пунктов независимо от условий окружающей среды. Особо важная роль при этом отводится задаче устранения протечек за счёт улучшения условий эксплуатации герметизаторов [4]. Строго регламентируется усилие, прилагаемое к ним.



Рисунок 1.2 – Пример электропривода запорной арматуры

Ограничение усилий на уровне паспортных значений обеспечивает требуемый уровень герметичности задвижки только в течение первых 1000 циклов перекрытия арматуры при ресурсе задвижки в 3–4 тыс. циклов. При многократном повторном нагружении затвора происходят упругопластические деформации контактирующих поверхностей, приводящие к износу герметизаторов и изменению геометрических характеристик затвора. На рисунке 1.3 [5] представлена графическая зависимость относительной утечки от числа циклов нагружения затвора  $N$ . По окончании закрытия задвижки клин затвора работает в условиях самоторможения, что также влияет на износ герметизаторов. При стремлении уменьшить этот износ следует обеспечить минимальный путь торможения при соприкосновении уплотнительных поверхностей. Требуемый уровень герметизации в задвижке можно улучшить с помощью комплексных мероприятий [6]. Одним из основных условий в повышении

эксплуатационных свойств задвижки является усовершенствование характеристик привода, который своими усилиями изменяет геометрические размеры уплотняющих поверхностей затвора [5].

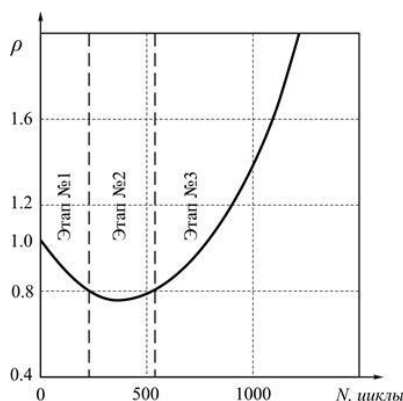


Рисунок 1.3 – Характеристика влияния циклов работы задвижки на герметичность затвора [2]

Электромеханические характеристики приводного электродвигателя должны соответствовать задачам, стоящим перед трубопроводной арматурой (ТА), а именно, соответствовать таким показателям как: надежность, точность, развиваемые усилия, условия эксплуатации, стоимость, массогабаритные показатели и т.д.

Типичный диапазон моментов уплотнения (вытяжки), развиваемых ЭП в задвижках нефтяной и газовой ТА – от 100 до 10000 Нм при времени перекрытия сечения, не более 6–20 минут. Следовательно, альтернативы редуктору в составе ЭП нет, поскольку нет электродвигателей с приемлемыми массогабаритными показателями и стоимостью, развивающих такие моменты.

Задание величины максимально-допустимого момента привода должно соответствовать диаграмме, представленной на рисунке 1.4. При пуске после выбора зазора необходим момент, достаточный для преодоления сил сухого трения и сил заклинивания запорного органа в седле. После начала движения, момент необходимо ограничить на уровне, препятствующем механической деформации корпуса задвижки. При подходе

к крайнему положению необходим момент, соответствующий паспортному значению уплотнения.

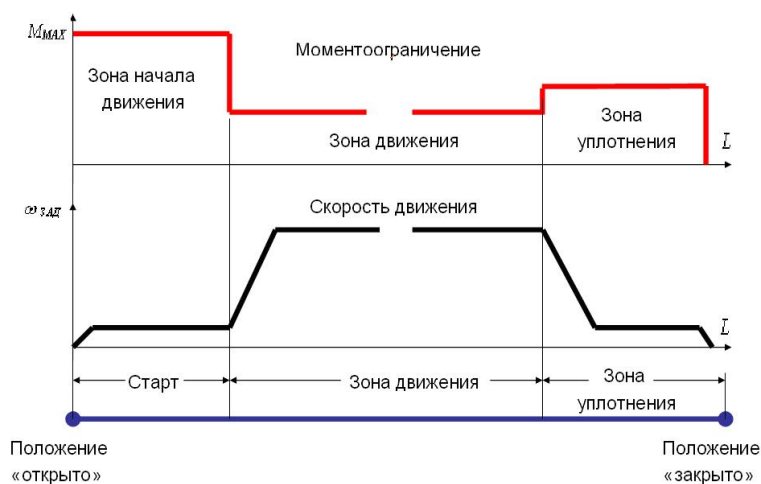


Рисунок 1.4 – Диаграмма задания моментограничения и скорости

Момент двигателя должен жёстко обеспечивать герметичность уплотнения в затворе и срыв затвора задвижки из уплотненного состояния.

Скорость вращения двигателя должна быть достаточной для обеспечения быстрого действия, но ближе к крайнему нижнему положению снижаться в целях избегания гидравлического удара в трубе, кавитационного эффекта и передавливания уплотнительных поверхностей.

В связи с важностью операции, выполняемой ЭП, необходимо обеспечить выполнение цикла при любых обстоятельствах, и гистерезисная муфта является одним из способов для достижения положительного результата.

## **2 Гистерезисная муфта**

Устройства, служащие для соединения и разъединения ведущего и ведомого валов в приводе без остановки двигателя, называются муфтами. Электромагнитные муфты, срабатывание которых происходит под воздействием электромагнитных сил, наиболее широко распространены из-за удобства их эксплуатации, высокого быстродействия, небольших габаритов, малой потребляемой мощности в управляющей обмотке при значительных управляемых моментах на валу.

Такие муфты относятся к классу синхронных муфт и обладают несколькими весьма важными преимуществами перед другими типами синхронных муфт: передаваемый с одного вала на другой без механической связи вращающий момент гистерезисной муфты не зависит от скорости вращения, а также гистерезисная муфта обладает естественными пусковыми характеристиками, что позволяет ведомой части муфты войти в синхронизм с ведущей частью [7].

### **2.1 Устройство гистерезисных муфт**

Гистерезисная муфта состоит из двух частей: ведущей и ведомой, механически не связанных друг с другом. Одна из частей гистерезисной муфты (как правило ведомая) несёт на себе гистерезисный слой, выполняемый из материала с большими удельными потерями на гистерезис (гистерезисного материала), причем гистерезисный материал муфты предварительно не намагничивается, также как роторы гистерезисных синхронных двигателей.

Другая часть гистерезисной муфты является индуктором и представляет собой многополюсную магнитную систему. Возбуждение гистерезисных муфт может быть либо электромагнитным (гистерезисные муфты с электромагнитным возбуждением), либо от постоянных магнитов (магнитно-гистерезисные муфты).

Отличие гистерезисных муфт от гистерезисных синхронных электродвигателей заключается в следующем: вращающееся магнитное поле возбуждения в гистерезисных муфтах создаётся вращающимся индуктором в виде явновыраженных (реже неявновыраженных) полюсов, возбуждаемых постоянным током, либо вращающимся явнополюсным или неявнополюсным постоянным магнитом, в то время как в гистерезисных электродвигателях вращающееся магнитное поле статора (поле возбуждения) создается посредством двух– или трёхфазного переменного тока, протекающего по двух– или трёхфазным обмоткам статора.

Гистерезисное преобразование энергии, в отличие от любого другого электромеханического преобразования, является универсальным, то есть синхронно— асинхронным. В асинхронном режиме оно, как и индукционное преобразование, имеет необходимым условием потери скольжения в подвижном элементе. Однако здесь потери скольжения пропорциональны лишь первой степени частоты, а не второй, как при индукционном преобразовании. Этим фактором обусловлены главным образом особенности характеристик гистерезисного преобразователя в асинхронном режиме.

Конструктивное выполнение гистерезисных муфт может быть различным. В случае электромагнитного возбуждения гистерезисных муфт, предназначенных для синхронной передачи, ведущая (или ведомая) часть муфты должна иметь по два скользящих щётчных контакта для токопровода к обмоткам возбуждения индуктора. Это снижает надёжность работы и ограничивает область применения.

Наибольшее применение в системах синхронных передач получили магнитно-гистерезисные муфты, возбуждаемые постоянными магнитами, поскольку они бесконтактны, высоконадёжны, просты в эксплуатации, автономны, не требуют источников электроэнергии для их питания и весьма просты по конструкции. Поэтому в дальнейшем рассматриваются только магнитно-гистерезисные муфты.



Магнитно-гистерезисные муфты выполняются в двух основных конструктивных формах: с радиальным и аксиальным воздушным зазором (немагнитным промежутком между ведущей и ведомой частями муфты). Каждая из этих двух основных форм имеет несколько схем конструктивного выполнения. Магнитно-гистерезисные муфты с радиальным воздушным зазором выполняются как с внутренним, так и с внешним гистерезисным слоем.

Для магнитно-гистерезисных муфт с радиальным воздушным зазором, наружным гистерезисным слоем и внутренним индуктором принципиально могут применяться те же типы индукторов, что и для магнито-электрических синхронных генераторов:

- индуктор типа «звездочка»;
- индуктор с радиально расположенными магнитами и полюсным наконечником;
- когтеобразный индуктор.

Типичная конструкция звездообразного индуктора (рисунок 2.1, в) содержит литой постоянный магнит в форме звёздочки, который крепится на валу с помощью заливки немагнитным сплавом (на основе цинка или алюминия). Магнит может непосредственно отливаться на валу. Достоинства ротора – простота и высокая степень заполнения его объёма магнитом.

Однако такая конструкция индуктора обладает и серьёзными недостатками. Во-первых, индуктор имеет низкую механическую прочность из-за хрупкости магнитотвёрдых сплавов и остаточных механических напряжений при отливке. Поэтому максимально допустимые окружные скорости индуктора составляют 40–50 м/с. Ограничение по скорости приводит к ограничению по максимальному диаметру ротора и по максимальной МДС магнита и предельной мощности машины. Поэтому индуктор-звёздочка применяют обычно при относительно малых мощностях машины (до 10 кВ А). Во-вторых, рабочие индукции для ротора не

превышают 0,2–0,4 Тл. Это ограничение связано с тем, что индуктор слабо защищён от внешних воздействий и рабочая точка магнита должна находиться на низколежащей линии возврата с достаточным удалением от основной кривой размагничивания [8]. В– третьих, процесс намагничивания звездообразных магнитов сложный, причём спинка звёздочки обычно намагничивается не полностью, поэтому может являться балластным участком, ухудшающим использование магнита.

Когтеобразный индуктор (рисунок 2.1, а) состоит из цилиндрического постоянного магнита, к торцам которого примыкают шайбы из магнитомягкой стали, имеющие когтеобразные выступы. Выступы левой шайбы чередуются по окружности с выступами правой шайбы. Каждая шайба и её выступы приобретают магнитную полярность сопряжённого с ними полюса магнита, поэтому когтеобразные выступы по отношению к статору образуют систему полюсов с чередующейся полярностью, как в обычном синхронном генераторе.

Главным достоинством индуктора является то, что постоянный магнит защищён магнитомягкими элементами от внешних полей, а его первоначальное намагничивание осуществляется в собранном виде внешним однородным полем. Поэтому степень использования магнита высока и рабочая индукция составляет 0,6–0,7 Тл. Кроме того, магнит имеет простую форму и расположен вблизи центра индуктора, что позволяет реализовать окружные скорости индуктора до 80–100 м/с, поскольку наружные магнитомягкие элементы обладают достаточной механической прочностью. Поэтому мощность машин с когтеобразным индуктором может достигать 10 – 20 кВ · А [8].

При этом к недостаткам индуктора описанного типа можно отнести пониженную степень заполнения его объёма постоянным магнитом, возможность отгиба концов когтеобразных выступов из-за внешних сил, повышенные радиальные размеры. Последнее определяется тем, что

устройства с таким индуктором относятся к классу устройств с радиально-осевым потоком и их диаметр должен быть достаточным, чтобы вдоль оси мог пройти поток всех полюсных выступов одной полярности.

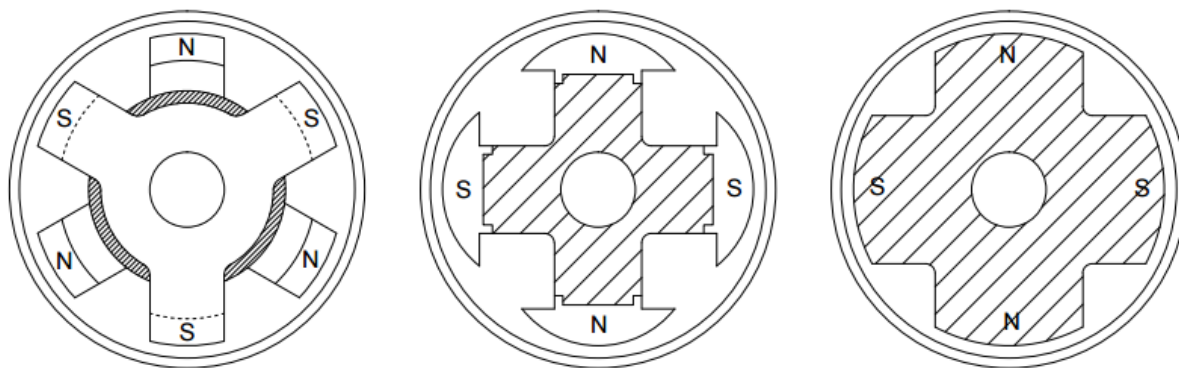


Рисунок 2.1 – Гистерезисная муфта а) с когтеобразным индуктором; б) с радиально расположенными магнитами и полюсным наконечником; в с индуктором типа «звёздочка»

Гистерезисный слой, который может быть шихтованным и литым, заключен во внешнюю обойму из немагнитного или магнитомягкого материала, являющуюся одновременно корпусом внешней части муфты, которая конструктивно связана с ведущим или ведомым валом муфты.

В некоторых случаях (особенно при малых габаритах муфт) вместо явнополюсного индуктора типа «звёздочка» иногда применяют неявнополюсный индуктор в виде цилиндра, намагниченного по диаметру (двухполюсная система) или намагниченного по переменнопольной схеме, аналогично явнополюсному индуктору.

При двухполюсном исполнении применяют также цилиндр, срезанный по образующим, с полюсной дугой, не превышающей обычно половины полюсного деления («двухполюсная звёздочка»).

Конструктивные схемы магнитно-гистерезисных муфт с аксиальным (осевым) воздушным зазором показаны на рисунке 2.2. Индуктор муфт представляет собой переменнопольный постоянный магнит когтеобразного типа. Гистерезисный слой муфты с аксиальным воздушным зазором

выполняется литым или шихтованным и заключен в арматуру из магнитомягкого или немагнитного материала и может выполняться также вообще без арматуры.

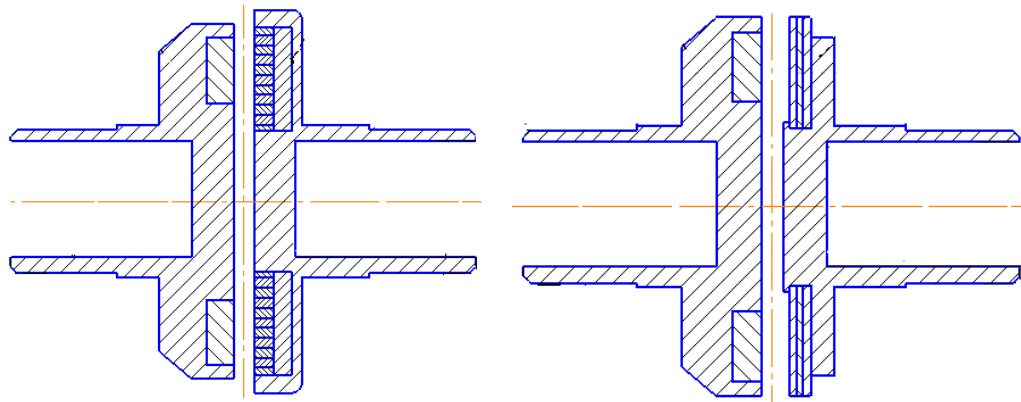


Рисунок 2.2 – Гистерезисная муфта с аксиальным воздушным зазором:  
а) с радиальным намагничением; б) с тангенциальным намагничением

## 2.2 Принцип действия гистерезисных муфт

Принцип действия гистерезисных муфт заключается в следующем. Допустим, что гистерезисный слой муфты выполнен наборным из отдельных колец (шихтованным), так что потери в нём от вихревых токов невелики и ими можно пренебречь (идеальная гистерезисная муфта). Если гистерезисный слой неподвижен (скорость его вращения  $n_2=0$ ), а индуктор вращается относительно гистерезисного слоя со скоростью  $n_1$ , то гистерезисный слой циклически перемагничивается по определённому гистерезисному циклу, определяемому значением максимальной магнитной индукции в нём. При этом частота перемагничивания гистерезисного слоя будет равна:

$$f_1 = \frac{p \cdot n_1}{2 \cdot \pi} \text{ Гц} \quad (2.1)$$

где  $p$  – число пар полюсов муфты;  $n_1$  – скорость вращения индуктора в рад/с.

Мощность, передаваемая через воздушный зазор муфты с индуктора в гистерезисный слой, будет полностью расходоваться на гистерезисные потери в нём и определится соотношением:

$$P_{r1} = p_r \cdot f_1 \cdot V_r, \text{ Вт}, \quad (2.2)$$

где  $p_r$  – удельные потери на гистерезис за один цикл перемагничивания, пропорциональные площади петли гистерезиса, Вт/см<sup>3</sup>Гц;  $V_r$  – объем перемагничиваемого гистерезисного слоя, см<sup>3</sup>.

При этом гистерезисный момент, действующий на индуктор и гистерезисный слой муфты, будет равен:

$$M_r = \frac{P_{r1}}{n_1} = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot p \cdot p_r \cdot V_r, \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.3)$$

Если освободить заторможенный гистерезисный слой, то под действием гистерезисного момента он начнёт поворачиваться в сторону вращения индуктора, сначала асинхронно с некоторой скоростью  $n_2 < n_1$ , имея относительно индуктора скольжение:

$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1}, \quad (2.4)$$

которое будет уменьшаться от  $s = 1$  при  $n_2 = 0$  до  $s = 0$  при  $n_2 = n_1$ , когда гистерезисный слой войдет в синхронизм с индуктором. После вхождения в синхронизм обе части муфты, индуктор и гистерезисный слой будут вращаться синхронно.

Потери на гистерезис в гистерезисном слое определяются соотношением:

$$P_{r2} = p_r \cdot f_1 \cdot s \cdot V_r, \text{ Вт}. \quad (2.5)$$

Если гистерезисный слой принять за ведомую часть муфты, то мощность на ведомом валу будет равна:

$$P_2 = p_r \cdot f_1 \cdot (1 - s) \cdot V_r, \text{ Вт}. \quad (2.6)$$

При этом момент на ведомом валу составит:

$$M_2 = \frac{P_2}{n_2} = \frac{p_r \cdot f_1 \cdot (1-s) \cdot V_r}{n_1 \cdot (1-s)} = M_r, \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.7)$$

В случае синхронного вращения обеих частей муфты, когда  $s=0$  и частота перемагничивания гистерезисного слоя  $f_2=0$ , потери на гистерезис также равны нулю. При этом мощность на ведомом валу, т.е. мощность развиваемая гистерезисным слоем, равна электромагнитной мощности  $P_3$ ,

передаваемой через воздушный зазор с индуктора муфты:  $P_2 = P_3 = P_{r1} = p_r \cdot f_1 \cdot V_r$  и, следовательно, момент на ведомом валу в синхронном режиме будет равен:

$$M_{2c} = M_r = \frac{P_3}{n_1} = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot p \cdot p_r \cdot V_r, \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.8)$$

Таким образом, в идеальной гистерезисной муфте гистерезисный момент не зависит от скорости вращения гистерезисного слоя относительно индуктора и от скорости вращения индуктора. Он определяется только объёмом гистерезисного слоя  $V_r$ , удельными потерями на гистерезис за один цикл перемагничивания  $p_r$  и числом пар полюсов индуктора  $p$  (далее будет показано, что гистерезисный момент не всегда пропорционален числу пар полюсов, так как  $p$  влияет на величину объёма гистерезисного слоя  $V_r$  при оптимальном проектировании).

Постоянство гистерезисного момента гистерезисных муфт при переменной скорости вращения является их главным преимуществом по сравнению со всеми другими типами синхронных муфт, которые не обладают естественными пусковыми свойствами. Разбег ведомой части идеальной гистерезисной муфты до синхронизма происходит при постоянном и максимальном моменте, что приводит к малому времени разбега. В большинстве случаев разбег ведомой части гистерезисных муфт происходит за доли секунды. При этом вхождение ведомой части муфты в синхронизм с ведущей происходит плавно при любой скорости вращения ведущей части муфты.

Гистерезисный момент гистерезисной муфты определяется соотношением:

$$M_{2c} = \frac{1}{2\pi} p \rho_e V_e \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (2.9)$$

где  $p$  – число пар полюсов индуктора муфты;  $\rho_e$  – удельные потери на гистерезис материала гистерезисного слоя за один цикл перемагничивания, Вт/см<sup>3</sup> · Гц;  $V_e$  – объём перемагничиваемого гистерезисного слоя, см<sup>3</sup>.

Введем понятие о коэффициенте использования гистерезисного слоя, под которым будем понимать следующее отношение:

$$K_{и.г.} = \frac{M_{г.}}{W_{\delta г}}, \quad (2.10)$$

где  $W_{\delta г}$  – магнитная энергия, развиваемая постоянным магнитом в воздушном зазоре муфты в присутствии гистерезисного слоя, равная:

$$W_{\delta г} = \frac{B_{м\delta} \cdot H_{\delta г}}{2} \cdot V_{м} \cdot 10^{-6} \text{ Дж}, \quad (2.11)$$

где  $B_{м\delta}$  – магнитная индукция в поперечном сечении постоянного магнита, соответствующая магнитному потоку в воздушном зазоре муфты, Тл;  $H_{\delta г}$  – напряжённость магнитного поля вдоль силовой линии в магните, соответствующая падению магнитного потенциала в воздушном зазоре и гистерезисном слое муфты, А/м;  $V_{м}$  – рабочий (активный) объём постоянных магнитов, см<sup>3</sup>.

Магнитный поток в воздушном зазоре муфты на один полюс

$$\Phi_{\delta} = B_{м\delta} \cdot S_{м} \cdot 10^{-4} \text{ Вб}, \quad (2.12)$$

где  $S_{м}$  – площадь поперечного сечения полюса магнита, см<sup>2</sup>.

Намагничивающая сила, развиваемая на концах (полюсах) магнита на один полюс

$$F_{\delta г} = H_{\delta г} \cdot l_{м} \cdot 10^{-2} \text{ А}, \quad (3.13)$$

где  $l_{м}$  – длина средней линии в магните на один полюс, см.

Учитывая, что  $V_{м} = 2 \cdot p \cdot S_{м} \cdot l_{м}$  получаем

$$W_{\delta г} = p \cdot \Phi_{\delta} \cdot F_{\delta г}, \text{ Дж.} \quad (2.14)$$

Коэффициент использования гистерезисного слоя

$$K_{и г} = \frac{M}{W_{\delta г}} = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{p_{г} \cdot V_{г}}{\Phi_{\delta} \cdot F_{\delta г}}. \quad (2.15)$$

Введем коэффициент использования материала постоянного магнита в магнитно-гистерезисной муфте (коэффициент использования магнита), под которым будем понимать отношение

$$K_{и м} = \frac{W_{\delta г}}{W_c} = \frac{2 \cdot p \cdot \Phi_{\delta} \cdot F_{\delta г}}{2 \cdot p \cdot \Phi_{г} \cdot F_c} = \frac{V_{м} \cdot B_{м\delta} \cdot H_{\delta г}}{V_{м} \cdot B_{г} \cdot H_c} = \frac{B_{м\delta} \cdot H_{\delta г}}{B_{г} \cdot H_c}, \quad (2.16)$$

где условная (фиктивная) магнитная энергия постоянного магнита  $W_c$ :

$$W_c = \frac{B_r \cdot H_c}{2} \cdot V_M \cdot 10^{-6} \text{ Дж}, \quad (2.17)$$

где  $B_r$  – остаточная магнитная индукция, Тл;  $H_c$  – коэрцитивная сила магнитного сплава, А/м.

Коэффициент  $K_{и м}$  характеризует степень использования условной (фиктивной) магнитной энергии постоянного магнита в магнитно-гистерезисной муфте в зависимости от магнитной проводимости внешней по отношению к магниту магнитной цепи, состоящей из воздушного зазора, гистерезисного слоя с арматурой и путей магнитного рассеяния, а также в зависимости от магнитной предыстории постоянного магнита, т.е. от степени его стабилизации.

Таким образом,

$$W_{\delta \Gamma} = K_{и м} \cdot W_c \text{ Дж.} \quad (2.18)$$

И в итоге получаем соотношение

$$M_{\Gamma} = \frac{B_r \cdot H_c}{2} \cdot V_M \cdot K_{и.г} \cdot K_{и.м} \cdot 10^{-6} \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.19)$$

Активный объём постоянного магнита зависит от геометрических размеров и типа индуктора.

Примем в качестве основного характерного размера для муфт с радиальным воздушным зазором наружный диаметр индуктора  $D$  (внутренний индуктор).

Активный объём постоянных магнитов, необходимый для создания заданного гистерезисного момента муфты  $M_{\Gamma}$ , определяется соотношением:

$$V_M = \frac{2 \cdot M_{\Gamma} \cdot 10^6}{B_r \cdot H_c \cdot K_{и.г} \cdot K_{и.м}} \text{ см}^3. \quad (2.20)$$

Объём постоянных магнитов связан с габаритным объёмом индуктора соотношением

$$V_M = K_{з.м} \cdot V_{и} \text{ см}^3, \quad (2.21)$$

где  $V_{и}$  – габаритный объём индуктора;  $K_{з.м}$  – коэффициент заполнения габаритного объёма индуктора магнитом.

Из приведенных выше выражений получаем формулу



$$V_{\text{И}} = \frac{2 \cdot M_{\Gamma} \cdot 10^6}{B_{\Gamma} \cdot H_{\text{с}} \cdot K_{\text{з.м}} \cdot K_{\text{и.г}} \cdot K_{\text{и.м}}} \text{ см}^3. \quad (2.22)$$

Габаритный объём индуктора находится по формуле

$$V_{\text{И}} = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot l \text{ см}^3, \quad (2.23)$$

где  $l$  – осевая длина индуктора.

С учётом обеих предыдущих формул получаем:

$$D^2 \cdot l = \frac{M_{\Gamma} \cdot 10^6}{\frac{\pi}{8} B_{\Gamma} \cdot H_{\text{с}} \cdot K_{\text{з.м}} \cdot K_{\text{и.г}} \cdot K_{\text{и.м}}} = \frac{M_{\Gamma}}{\sigma_{\text{мг.м}}} \text{ см}^3, \quad (2.24)$$

где  $\sigma_{\text{мг.м}} = \frac{\pi}{8} \cdot 10^{-6} \cdot B_{\Gamma} \cdot H_{\text{с}} \cdot K_{\text{з.м}} \cdot K_{\text{и.г}} \cdot K_{\text{и.м}}$  – коэффициент использования магнитно-гистерезисной муфты.

Данное уравнение является основным расчётным уравнением магнитно-гистерезисной муфты, которое, по структуре, аналогично основному расчётному уравнению электрических машин. Коэффициент использования  $\sigma_{\text{мг.м}}$  представляет собой удельный момент, приходящийся на единицу габаритного объёма индуктора:

$$\sigma_{\text{мг.м}} = \frac{M_{\Gamma}}{D^2 \cdot l} = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{M_{\Gamma}}{V_{\text{И}}}. \quad (2.25)$$

Чем больше значение  $\sigma_{\text{мг.м}}$ , тем лучше используются активные материалы в магнитно-гистерезисной муфте.

Введём конструктивный коэффициент  $\lambda = \frac{l}{D}$ . Из уравнения (2.16) получаем основную расчётную формулу для определения диаметра индуктора в виде

$$D = \sqrt[3]{\frac{M_{\Gamma}}{\sigma_{\text{мг.м}} \cdot \lambda}} \text{ см} \quad (2.26)$$

Конструктивный коэффициент  $\lambda$  для муфты с радиальным воздушным зазором определяется главным образом конструктивно-технологическими соображениями и находится в пределах  $\lambda=0,5-2,5$ . Чем больше скорость вращения муфты и меньше относительная величина воздушного зазора, тем меньше должна быть осевая длина  $l$ , а следовательно и величина конструктивного коэффициента  $\lambda$ . Для муфты с радиально-осевым потоком

(когтеобразный индуктор)  $\lambda$  ограничивается диапазоном 0,5–0,6. Если это условие не выполняется, сталь насыщается выше допустимого предела.

При выборе  $\lambda$  необходимо руководствоваться также следующими соображениями: малые  $\lambda$  ( $\lambda < 0,3$ ) приводят к снижению относительного полезного объёма муфты по сравнению с объёмом конструктивных элементов, а большие  $\lambda$  ( $\lambda > 3$ ) сложно реализовать из-за увеличенных прогибов вала и возможного совпадения частоты вращения  $n$  с критическими частотами, соответствующими явлению резонанса.

Следует также иметь в виду, что увеличение осевой длины и снижение диаметра при заданной величине гистерезисного момента приводит к снижению полярного момента инерции и повышению быстродействия муфты.

### **2.3 Материалы в гистерезисной муфте**

Материалы, применяемые для изготовления магнитно-гистерезисных муфт, делятся на активные и конструктивные. Именно активные материалы обеспечивают создание момента. К ним относятся магнитотвердые сплавы постоянных магнитов, гистерезисные материалы гистерезисного слоя и магнитомягкие материалы полюсных наконечников, ярма и арматуры гистерезисного слоя.

Магнитотвёрдые сплавы постоянных магнитов отвечают за создание магнитного поля в гистерезисной муфте, поэтому, чем лучше будут магнитные свойства сплава и чем лучше он будет использован, тем меньших габаритных размеров муфты можно будет достичь. Как правило, чем лучше магнитные свойства сплава, тем более хрупким он становится. Ограничения по их инструментальной обработке также вносят существенные коррективы в применении тех или иных сплавов. Т.к. в данной работе исследуются муфты различных конструкций то и материалы, применяемые в их изготовлении, могут быть различными. Наиболее подходящие по свойствам материалы для постоянных магнитов представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 Магнитотвёрдые сплавы постоянных магнитов

Марка сплава	Магнитные свойства		
	$H_c$ , кА/м	$B_r$ , Тл	$W_{уд}$ , кДж/м <sup>3</sup>
ЮНДК24	46,5 – 52	1,28 -1,35	16-24
ЮНДК35Т5АА	115	1,05	80
25НЮ	32-40	0,7–0,8	-
44SH (Nd <sub>2</sub> Fe <sub>14</sub> B)	995	1-1,37	326–358

Гистерезисный материал, прежде всего, характеризуют удельные потери на гистерезис, которые зависят от площади петли гистерезисного цикла  $\rho_e = f(B_{c.m})$ .

Величина удельных гистерезисных потерь существенно зависит от напряженности магнитного поля, в котором происходит перемагничивание гистерезисного материала. Поскольку перемагничивание гистерезисного материала происходит в магнитном поле индуктора, то важной характеристикой является отношение  $\rho_g / H_{г.м}$ , где  $H_{г.м}$  – максимальная напряженность магнитного поля. Чем выше данное отношение, тем лучше гистерезисный материал.

К магнитотвердым материалам, из которых изготавливается гистерезисный слой гистерезисных муфт, относятся кобальтовые и высокоуглеродистые стали, сплавы тройной системы типа Альни, Альнико, Альниси, и специально созданный сплав для гистерезисных электродвигателей типа викаллой 52КФ (Fe-Co-V). Одной из главных перспектив развития тематики по разработке магнитно-гистерезисных муфт является замена данного сплава на сплав Fe-Cr-Co. Магнитотвердые материалы на основе Fe-Cr-Co обладают удачным и весьма редким сочетанием достаточно высоких магнитных свойств с коррозионной стойкостью, прочностью, пластичностью и относительно низкой стоимостью из-за невысокого содержания дорогостоящего кобальта и отсутствия никеля. Вследствие этого материалы Fe-Cr-Co не теряют своей актуальности, и в настоящее время продолжается их активное исследование. Впервые

магнитотвердые материалы на основе Fe-Cr-Co предложены Х. Канеко в 1971 г., практическое применение получили сплавы 25ХК15, 30ХК25. Для повышения магнитных свойств (коэрцитивной силы, остаточной индукции, магнитной энергии) сплавы системы Fe-Cr-Co, например, легируют молибденом, титаном или медью, проводят термомагнитную обработку (ТМО) и предварительный отжиг. Данные методы работы позволяют увеличить магнитную энергию на 10-20%, сплавы с анизотропным эффектом ТМО имеют значения коэрцитивной силы до 76 кА/м и максимальной магнитной энергии до 91,2 кДж/м<sup>3</sup> [9]. В работе [10] разработка оптимального состава и технологии изготовления позволила заменить изготовление постоянных магнитов из сплава ЮДНК 24 на заводе «Электромотор» (г. Чебоксары) на сплав системы Fe-Cr-Co. Также была показана возможность обрабатывать данные сплавы всеми видами режущих инструментов. Магнитные свойства различных гистерезисных сплавов приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 Магнитные свойства различных сплавов

Марка сплава	Магнитные свойства		
	$H_c$ , кА/м	$B_r$ , Тл	$W_{уд}$ , кДж/м <sup>3</sup>
25Х15КА	35–45	1–1,25	10-17,5
30ХК25	45-80	1,05	7,5
Fe-Cr-Co (8-10 % Co, 26 – 28 % Cr, 0,3 - 0,7 до 1% Mo)	41-48	1,25-1,35	36-40
Fe-Cr-Co (22-23 % Fe, 15-20 % Cr, 3-5 % Co, 8 % W или Mo)	До 76	До 1,46	До 91,2

Для решения поставленной задачи из представленных материалов необходимо выбрать те, которые не только обладают отличными магнитными свойствами, но и могут быть применены для изготовления гистерезисных муфт. Индукторы муфт практически всех конструкций удобнее всего выполнять литыми. Данное условие сужает выбор материала до марки ЮНДК35Т5АА. Гистерезисный слой, как правило, выполняется шихтованным для уменьшения влияния вихревых токов т.к. практически все

гистерезисные материалы хорошо поддаются обработке и деформации. Гистерезисный слой, как правило, выполняется очень тонким, поэтому наиболее целесообразным представляется выбор в качестве материала гистерезисного слоя Fe-Cr-Co с 8% содержанием W или Mo.

### **3 Анализ технических характеристик муфт**

Для того чтобы выбрать среди основных конструкций гистерезисных муфт наиболее подходящие по своим характеристикам для ЭП запорной арматуры различной мощности, необходимо проанализировать их по ряду ключевых характеристик.

К техническим характеристикам муфт можно отнести следующие показатели:

- Массогабаритные показатели;
- Технологичность (совокупность свойств изделия, определяющих приспособленность его конструкции к достижению оптимальных затрат ресурсов при его производстве, ремонте и утилизации);
- Надежность (способность сохранять в установленных пределах времени значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции).

Для того чтобы комплексно представить применимость различных конструкций муфт в задвижках различной мощности необходимо провести расчёт для нескольких типовых значений мощности двигателей для всех основных конструкций гистерезисных муфт.

Потери энергии в магнитно-гистерезисных муфтах в режиме синхронной передачи невелики, поскольку они определяются потерями трения в подшипниках, трения о воздух и потерями от вихревых токов в немагнитной электропроводящей перегородке. При этом КПД магнитно-гистерезисной муфты весьма высок и приближается к единице.

Оценка оптимальности конструкции магнитно-гистерезисных муфт с точки зрения энергетических характеристик имеет второстепенное значение, так как потери энергии в ней невелики. По этой же причине в режиме синхронной передачи представляется возможным не рассматривать вопросы нагрева и охлаждения магнитно-гистерезисных муфт.

### 3.1 Технологические особенности различных гистерезисных муфт

Рассмотрим параметры гистерезисных муфт с аксиальным и радиальным воздушным зазором с точки зрения технологичности и надежности. В муфтах с радиальным воздушным зазором нарушение соосности за счёт технологических погрешностей изготовления приводит к неравномерному воздушному зазору, что неблагоприятно сказывается на характеристиках муфты и создает радиальные усилия на подшипники за счёт нарушения магнитной симметрии. В муфтах с аксиальным воздушным зазором нарушение соосности в меньшей степени сказывается на неравномерности зазора и характеристиках муфты, поэтому технология изготовления муфт с радиальным воздушным зазором требует большей точности, чем для муфт с аксиальным воздушным зазором.

В муфтах с радиальным воздушным зазором представляется возможным разработать серию муфт с различной величиной гистерезисного момента на базе одного внешнего диаметра с одной и той же геометрией активных частей. В муфтах с аксиальным воздушным зазором эти возможности ограничены, так как их оптимальная аксиальная длина функционально связана с наружным диаметром.

При больших значениях необходимого гистерезисного момента муфта с радиальным воздушным зазором становится более рациональной, чем муфта с аксиальным воздушным зазором, так как первая позволяет получить необходимую величину гистерезисного момента за счёт увеличения осевой длины, без увеличения наружного диаметра. При равномерном воздушном зазоре в муфтах с радиальным зазором отсутствуют радиальные силы одностороннего магнитного притяжения и осевые силы. В муфтах с аксиальным воздушным зазором возникают силы осевого магнитного притяжения, действующие на подшипники, обратно пропорциональные величине воздушного зазора [7].

### 3.2 Расчёт диаметров гистерезисных муфт

Основным критерием применимости гистерезисных муфт в составе ЭП запорной арматуры является соответствие внешних диаметров гистерезисных муфт с диаметрами двигателей ЭП.

Для расчета габаритов гистерезисной муфты необходимо знать объём гистерезисного материала, необходимого для обеспечения величины гистерезисного момента. Объём гистерезисного материала в муфте равен:

$$V_{\Gamma} = \frac{2 \cdot \pi \cdot M_{\Gamma}}{r \cdot p_{\Gamma}} \text{ см}^3. \quad (3.1)$$

С другой стороны, объём гистерезисного слоя для муфты с радиальным воздушным зазором можно найти как произведение:

$$V_{\Gamma} = \frac{\pi}{4} \cdot (D_{\text{н.г.}}^2 - D_{\text{вн.г.}}^2) \cdot l_{\Gamma} \cdot k_{\text{з.п.}} = \pi \cdot \Delta_{\Gamma} \cdot D_{\text{г.ср.}} \cdot l_{\Gamma} \cdot k_{\text{з.п.}} \text{ см}^3, \quad (3.2)$$

где  $D_{\text{н.г.}}$  и  $D_{\text{вн.г.}}$  – наружный и внутренний диаметры гистерезисного слоя;

$D_{\text{г.ср.}} = 0,5 \cdot (D_{\text{н.г.}} + D_{\text{вн.г.}})$  – средний диаметр;

$\Delta_{\Gamma} = 0,5 \cdot (D_{\text{н.г.}} - D_{\text{вн.г.}})$  – толщина;  $l_{\Gamma}$  – осевая длина гистерезисного слоя;

$k_{\text{з.п.}} = 0,94 \div 1,0$  – коэффициент заполнения гистерезисным материалом пакета с осевой длиной  $l_{\Gamma}$ .

Для муфты с аксиальным воздушным зазором:

$$V_{\Gamma} = \frac{\pi}{4} \cdot (D_{\text{н.г.}}^2 - D_{\text{вн.г.}}^2) \cdot \Delta_{\Gamma} \cdot k_{\text{з.п.}} \text{ см}^3. \quad (3.3)$$

При этом оптимальными являются соотношения:

$$\Delta_{\Gamma}^* = \frac{\Delta_{\Gamma}}{D_{\text{н.}}} \leq 0,05, \quad (3.4)$$

$$D_{\text{вн.}}^* = \frac{D_{\text{вн.}}}{D_{\text{н.}}} = 0,25 \div 35. \quad (3.5)$$

Для муфт с внутренним индуктором

$$D_{\text{вн.г.}} = D + 2 \cdot \delta, \quad (3.6)$$

где  $\delta$  — воздушный зазор между гистерезисным слоем и индуктором, см.

Минимально возможная величина  $\delta$  находится в пределах 0,003 - 0,006 см.

Толщина гистерезисного слоя  $\Delta_{\Gamma}$  при этом должна быть не больше величины  $\Delta_{\Gamma \text{ max}}$ , определяемой формулой:



$$\Delta_{г\ max} \leq 0,5 \cdot \left( \sqrt[p]{1,55} - 1 \right) \cdot (1 + 2 \cdot \delta) \text{ см.} \quad (3.7)$$

Для проверки соответствия габаритных размеров муфты прилагаемым требованиям, зададимся условиями, что гистерезисный момент муфты соответствует моменту двигателя, а внешний диаметр гистерезисного слоя не превышает внешнего диаметра двигателя (с учётом корпуса муфты). Также, исходя из условий соответствия внешнего и внутреннего диаметра гистерезисного слоя, найдём внутренний диаметр гистерезисного слоя, диаметр индуктора, длину гистерезисного слоя и коэффициент  $\lambda$ .

Для расчёта величины  $\Delta_{г\ max}$  необходимо определить число пар полюсов и воздушный зазор гистерезисной муфты. Из конструктивных соображений выбираем  $p = 2$  и  $\delta = 0,006$  см, т.к. при этом будет обеспечен максимальный объём гистерезисного материала.

Данные для расчёта и расчётные величины приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3

Характеристики двигателя			Характеристики муфт							
					С радиальным зазором			С аксиальным зазором		
P	M	D <sub>вн.д.</sub>	D <sub>н.г.</sub>	V <sub>г</sub>	D <sub>вн.г</sub>	I <sub>г</sub>	$\lambda$	D <sub>вн.г.</sub>	$\Delta_{г}$	$\Delta_{г}^*$
кВт	Нм	см	см	см <sup>3</sup>	см	см		см	см	
0,55	0,4	20	18	23,26	17,5	5,46	0,27	6,30	0,109	0,01
1,5	1	20	18	58,15	17,5	13,65	0,68	6,30	0,271	0,02
2,5	1,7	25	22,5	98,85	22	18,51	0,74	7,88	0,295	0,01
4	2,7	25	22,5	157,00	22	29,40	1,18	7,88	0,469	0,02
7,5	5	35	31,5	290,74	31	38,77	1,11	11,03	0,443	0,01
11	7,3	35	31,5	424,48	31	56,60	1,62	11,03	0,647	0,02
18,5	12,3	35	31,5	715,22	31	95,36	2,72	11,03	1,09	0,03
30	20	40	36	1162,96	35,5	135,54	3,39	12,60	1,357	0,04
45	30	45	40,5	1744,44	40	180,58	4,01	14,18	1,608	0,04

Исходя из представленных данных, полученных в ходе расчётов, можно сделать предварительный вывод о том, что для дальнейших расчётов гистерезисные муфты с аксиальным воздушным зазором являются более

перспективными, т.к. их работа возможна во всем требуемом диапазоне моментов.

На рисунке 3.1 представлена зависимость коэффициента  $\lambda$  муфт с радиальным воздушным зазором от момента на валу двигателя. Диапазон, в котором может находиться  $\lambda$ , представлен на графике двумя горизонтальными параллельными линиями. В данном диапазоне находится только половина значений мощности двигателей применяемых в ЭП запорной арматуры.

Данный результат говорит о том, что применение гистерезисных муфт с радиальным воздушным зазором возможно лишь в ограниченном диапазоне моментов двигателя.

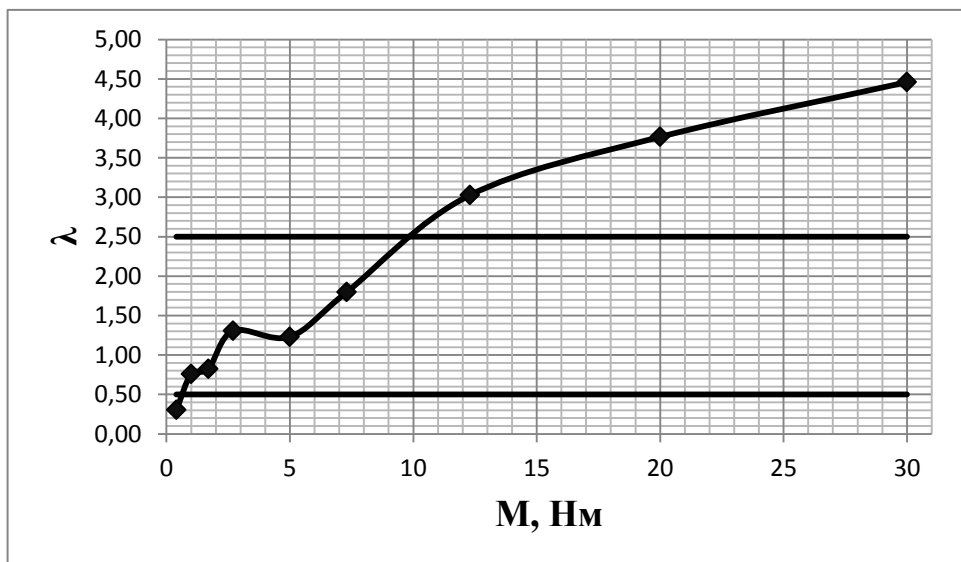


Рисунок 3.1 – График зависимости  $\lambda=f(P)$  для муфт с радиальным воздушным зазором

### 3.3 Расчёт и сравнение индукторов гистерезисных муфт

Основное расчётное уравнение магнитно-гистерезисной муфты (2.26) показывает, что геометрические размеры и объём индуктора муфты зависят от величины передаваемого момента, магнитных характеристик сплава постоянного магнита и ряда коэффициентов, которые, в свою очередь,

зависят от применяемых активных материалов и конструктивной схемы муфты.

Для выявления особенностей различных индукторов из основного расчётного уравнения следует выделить коэффициент  $K_{з.м}$  – коэффициент заполнения габаритного объёма индуктора магнитом. Данный коэффициент важен при подсчёте момента, который способен обеспечить индуктор, а также для расчёта массогабаритных показателей муфты.

Для индуктора типа «звёздочка»:

$$K_{з.м} = \frac{V_M}{V_{И}} = \frac{2 \cdot p \cdot b_M \cdot l_M \cdot l}{\frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot l} = 2 \cdot \alpha \cdot p^{-\rho} = 0,9, \quad (3.8)$$

где  $b_M = \alpha \cdot \tau$  – полюсная дуга магнита,  $p$  – число пар полюсов,  $\rho$  – показатель степени, лежащий в пределах от 0,59 до 0,63.

Для индуктора с полюсными наконечниками максимальный коэффициент заполнения равен

$$K_{з.м} = \frac{p}{\pi} \cdot (1 - 2 \cdot h_{п.н.}^*) \cdot \operatorname{tg} \frac{90^\circ}{p} \cdot \frac{l_{а.м}}{l} = 0,6, \quad (3.9)$$

где  $h_{п.н.}^* = \frac{h_{п.н.}}{D} = (0.05 - 0.075)$  – величина отношения высоты полюсного наконечника к диаметру индуктора. При этом отношение длины магнита к общей длине:

$$\frac{l_{а.м}}{l} = 0,9 \div 0,95.$$

Увеличение  $p$  приводит к снижению  $K_{з.м}$ , особенно при переходе от  $p = 2$  к  $p = 3$ . При  $p > 5$   $K_{з.м} \approx \text{const}$ .

Для индуктора когтеобразного типа:

$$K_{з.м} = \frac{(D_{н.м}^2 - D_{вн.м}^2)}{D^2} = \frac{((D - 2 \cdot \frac{l \cdot B_\delta \cdot k_{\delta н}}{B_H})^2 - D_{вн.м}^2)}{D^2} = 0,38, \quad (3.10)$$

где  $D_{вн.м}^* = \frac{D_{вн.м}}{D} = 0,2 \div 0,25$  – внутренний диаметр магнита индуктора;

$D_{н.м} = D - 2 \cdot h_n$  см – наружный диаметр магнита индуктора,

где  $h_n = \frac{Q_n}{b_n} = \frac{\Phi_\delta \cdot k_{\delta н} \cdot 10^4}{B_H \cdot \alpha \cdot \tau} = \frac{\alpha \cdot \tau \cdot l \cdot B_\delta \cdot 10^{-4} \cdot k_{\delta н} \cdot 10^4}{B_H \cdot \alpha \cdot \tau} = \frac{l \cdot B_\delta \cdot k_{\delta н}}{B_H}$  см – высота полюсного

наконечника;  $Q_n$  – площадь поперечного сечения полюсного наконечника,

см<sup>2</sup>;  $b_H$  – полюсная дуга полюсного наконечника, см;  $B_H = 1,1 – 1,5$  – магнитная индукция в полюсном наконечнике, Тл;  $\Phi_\delta$  – магнитный поток воздушного зазора на полюс, Вб;  $B_\delta = 0,4 – 0,6$  – магнитная индукция в воздушном зазоре, Тл;  $k_{\delta H} = 1,2 – 1,3$  – коэффициент рассеяния полюсного наконечника.

Для муфт с аксиальным воздушным зазором коэффициент заполнения габаритного объема равен

$$K_{3.M} = \frac{2 \cdot p \cdot S_M \cdot l_M}{\frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot l} = 0,81, \quad (3.11)$$

где площадь поперечного сечения полюса  $S_M = \frac{\pi}{8 \cdot p} \cdot \alpha \cdot D^2 (1 - D_{BH}^{*2})$ , см<sup>2</sup>, а длина магнита равна

$$l_M = l - \frac{h_{я}}{2} + \frac{\pi \cdot (D + D_{BH.M})}{8p} \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{2}\right), \text{ см при } h_{я} = \frac{\pi \cdot \alpha \cdot D}{8 \cdot p \cdot (1 - D_{BH.M}^{*2})}.$$

Коэффициент  $K_{и.м}$  характеризует степень использования условной (фиктивной) магнитной энергии постоянного магнита в магнитно-гистерезисной муфте в зависимости от магнитной проводимости внешней по отношению к магниту магнитной цепи, состоящей из воздушного зазора, гистерезисного слоя с арматурой и путей магнитного рассеяния, а также в зависимости от магнитной предыстории постоянного магнита, т.е. от степени его стабилизации.

$$\begin{aligned} K_{и.м} &= (0,25 + 0,16 \cdot \mu_{B0}) \cdot \gamma + 0,05 \cdot \mu_{B0} = \\ &= (0,25 + 0,16 \cdot 0,55) \cdot 0,66 + 0,05 \cdot 0,55 = 0,25, \end{aligned}$$

где  $\mu_{B0} = \frac{\mu_B}{\mu_\Gamma} = \frac{0,5 \cdot 10^{-6}}{0,9 \cdot 10^{-6}} = 0,55$  – относительный коэффициент магнитного возврата при  $\mu_B = \frac{(\sqrt{\gamma}-1)^2 \cdot B_\Gamma}{\gamma \cdot H_c} = \frac{(\sqrt{0,66}-1)^2 \cdot 1,05}{0,66 \cdot 115 \cdot 10^3} = 0,5 \cdot 10^{-6}$  – коэффициент магнитного возврата;  $\mu_\Gamma = \frac{B_\Gamma}{H_c} = \frac{1,05}{115 \cdot 10^3} = 9 \cdot 10^{-6}$  – магнитная проницаемость гистерезисного материала;  $\gamma = \frac{BH_{max}}{B_\Gamma \cdot H_c} = \frac{80 \cdot 10^3}{1,05 \cdot 115 \cdot 10^3} = 0,66$  – коэффициент формы петли гистерезиса;

Коэффициент использования гистерезисного слоя

$$K_{и.Г} = 10^4 \cdot 4 \cdot \pi \cdot p \cdot \mu_{Гmax} \cdot A_{Г} = 10^4 \cdot 4 \cdot \pi \cdot 2 \cdot 20 \cdot 10^{-6} \cdot 0,027 = 0,14,$$

где  $\mu_{Гmax} = \frac{B_{Г.М}}{H_{Г.М}} = \frac{1,6}{80 \cdot 10^3} = 20 \cdot 10^{-6}$  – максимальная магнитная

проницаемость гистерезисного слоя;  $A_{Г} = \frac{p_{r\mu}}{B_{Г.М}^2} = \frac{54 \cdot 10^{-3}}{1,4^2} = 0,027$  –

коэффициент пропорциональности;

$p_{r\mu}$  – удельные потери за один цикл перемагничивания при максимальной магнитной проницаемости, Вт/см<sup>3</sup>Гц;  $B_{Г.М}$  – максимальная магнитная индукция в гистерезисном слое.

Из формулы 2.26 выразим  $M_{Г}$  как:

$$M_{Г} = D^3 \cdot \sigma_{МГ.М} \cdot \lambda \text{ Н} \cdot \text{м},$$

где  $M_{Г}$  – гистерезисный момент муфты, создаваемый индуктором;

$\sigma_{МГ.М} = \frac{\pi}{8} \cdot 10^{-6} \cdot B_{Г} \cdot H_{с} \cdot K_{з.М} \cdot K_{и.Г} \cdot K_{и.М}$  – коэффициент использования

магнитно-гистерезисной муфты с радиальным воздушным зазором и внутренним индуктором;  $B_{Г}$  – остаточная магнитная индукция, Тл;

$H_{с}$  – коэрцитивная сила магнитного сплава, А/м.

Коэффициент  $\sigma_{МГ.М}$  для каждого типа муфт.

Для индуктора типа звёздочка:

$$\sigma_{МГ.М} = \frac{\pi}{8} \cdot 10^{-6} \cdot B_{Г} \cdot H_{с} \cdot K_{з.М} \cdot K_{и.Г} \cdot K_{и.М} = 1,5 \cdot 10^{-3};$$

Для индуктора с полюсными наконечниками :

$$\sigma_{МГ.М} = \frac{\pi}{8} \cdot 10^{-6} \cdot B_{Г} \cdot H_{с} \cdot K_{з.М} \cdot K_{и.Г} \cdot K_{и.М} = 0,99 \cdot 10^{-3};$$

Для индуктора когтеобразного типа:

$$\sigma_{МГ.М} = \frac{\pi}{8} \cdot 10^{-6} \cdot B_{Г} \cdot H_{с} \cdot K_{з.М} \cdot K_{и.Г} \cdot K_{и.М} = 0,63 \cdot 10^{-3};$$

Для муфт с аксиальным воздушным зазором:

$$\sigma_{МГ.М} = \frac{\pi}{8} \cdot 10^{-6} \cdot B_{Г} \cdot H_{с} \cdot K_{з.М} \cdot K_{и.Г} \cdot K_{и.М} = 1,34 \cdot 10^{-3}.$$

Все полученные данные для расчёта моментов сведены в таблицу 3.4, в которой также приведены рассчитанные значения момента передаваемого индуктором в гистерезисный слой.

Таблица 3.4 Значения моментов для различных гистерезисных муфт

Муфта с аксиальным зазором					Индуктор типа "звёздочка"			Индуктор с полюсными наконечниками			Когтеобразный индуктор		
D, см	$\lambda$	$\sigma_{\text{МГ.М.}} \cdot 10^{-3}$	M <sub>Г</sub> , Нм	D, см	$\lambda$	$\sigma_{\text{МГ.М.}} \cdot 10^{-3}$	M <sub>Г</sub> , Нм	$\lambda$	$\sigma_{\text{МГ.М.}} \cdot 10^{-3}$	M <sub>Г</sub> , Нм	$\lambda$	$\sigma_{\text{МГ.М.}} \cdot 10^{-3}$	M <sub>Г</sub> , Нм
18	0,5	1,34	3,91	17,5	—	1,5		—	1		—	0,63	
18	0,5	1,34	3,91	17,5	0,76	1,5	6,1	0,76	1	4,1	0,76	0,63	2,56
22,5	0,5	1,34	7,63	22,0	0,82	1,5	13,1	0,82	1	8,7	0,82	0,63	5,51
22,5	0,5	1,34	7,63	22,0	1,31	1,5	20,8	1,31	1	13,9	—		
31,5	0,5	1,34	20,9	31,0	1,23	1,5	54,9	1,23	1	36,6	—		
31,5	0,5	1,34	20,9	31,0	1,80	1,5	80,2	1,80	1	53,5	—		
31,5	0,5	1,34	20,9	31,0	—	1,5		—	1		—		
36	0,5	1,34	31,3	35,5	—	1,5		—	1		—		
40,5	0,5	1,34	44,5	40,0	—	1,5		—	1		—		

Из данных приведённых в таблице 3.4 можно сделать вывод, что конструкция муфт с аксиальным воздушным зазором требует более детального изучения, т.к. по предварительным подсчётам является применимой для всего заданного диапазона моментов.

### Вывод по разделу

В данном разделе ВКР был проведён обзор актуальных проблем в сфере ЭП запорной арматуры и предложено использование в составе системы ЭП гистерезисной муфты. Для выбора наиболее подходящей конструкции муфты, а также вывода о применимости гистерезисных муфт в составе электропривода был проведён анализ наиболее подходящих для изготовления гистерезисных муфт материалов, а также сравнение существующих конструкций по критерию обеспечения заданной величины момента по известному диаметру. По итогам анализа наилучшими характеристиками обладает конструкция гистерезисной муфты с аксиальным воздушным зазором и тангенциальным намагничиванием при использовании в качестве материала гистерезисного слоя Fe-Cr-Co с 8% содержанием W или Mo, а в качестве материала для изготовления постоянных магнитов — сплава на основе алюминия ЮНДК35Т5АА.

# ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА ПО ТЕМЕ: «ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5Г2Г	Савельевой Марии Вячеславовне

<b>Институт</b>	<b>ЭНИ</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ЭКМ</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника профиль « <u>Электрические и электронные аппараты</u> »

<b>Исходные данные к разделу «Технологический процесс общей сборки гистерезисной муфты с тангенциальным намагничиванием»</b>	
1. Сборочный чертеж гистерезисной муфты с тангенциальным намагничиванием 2. Годовая программа выпуска изделия	4000 шт.
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
Анализ конструкции электрического аппарата на технологичность	2. Составить схему сборки электрического аппарата
3. Выбрать оборудование, приспособления для сборки и испытания электрического аппарата	4. Разработать маршрутную технологию сборки электрического аппарата
5. Определить нормы времени на операции и оборудования	6. Построить графи загрузки оборудования для обеспечения заданной программы
<b>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)</b>	
1. Комплект маршрутных карт и карты эскизов (в приложении) 2. Графи загрузки оборудования 3. Схема сборки электрического аппарата	

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	08.02.16
---	----------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
доцент	Баранов П.Р.	к.т.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
5Г2Г	Савельева М.В.		

## **4 Раздел по теме: «Технология производства электрических и электронных аппаратов»**

### **Технологический процесс общей сборки гистерезисной муфты с тангенциальным намагничением**

#### **Введение**

Технологическим процессом называют часть производственного процесса, содержащую действия по изменению формы, размеров, свойств материалов и полуфабрикатов для получения детали изделия в соответствии с заданными техническими требованиями.

Технологический процесс выполняется на рабочих местах, которые представляют собой участок в производственных помещениях, оборудованных в соответствии с выполняемой работой. Технологический процесс разбивается на операции.

Технологической операцией называется часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте и охватывающая все последовательные действия рабочего и станка при обработке детали. Операция является основной частью технологического процесса, и по ней определяется трудоемкость процесса, необходимое число рабочих, станков, приспособлений и инструмента.

Качество выполнения технологических процессов во многом определяет работоспособность и надежность электрических машин. При проектировании технологического процесса стоит задача с минимальными затратами обеспечить производство изделия, отвечающего его служебному назначению.

Важной частью технологической подготовки производства является проектирование процесса сборки. Процесс сборки представляет собой совокупность операций по соединению деталей в определенной, технически и экономически целесообразной последовательности для получения



сборочных единиц и изделий, полностью отвечающих установленным требованиям. Выполнение сборочных работ связано с большой затратой времени ( от 20 – 30 % в массовом и крупносерийном производстве до 35 – 40 % в мелкосерийном и единичном).

В состав процесса сборки включаются разнообразные работы. К этим работам относятся:

- приведение деталей и покупных изделий в состояние, требуемое условиями сборки;
- обеспечение собираемости соединений и технических требований к ним;
- соединение сопрягаемых деталей посредством приведения в соприкосновение их сборочных баз;
- проверка точности взаимного расположения собираемых деталей и узлов и внесение, если это необходимо, соответствующих исправлений путем регулировки или пригонки;
- фиксация положения деталей и узлов для правильного выполнения ими целевого назначения при работе машины;
- проверка в процессе сборки и после её окончания соответствия сборочных единиц и изделия в целом параметрам, установленным чертежом и техническими условиями;
- очистка, промывка, окраска и отделка изделия или составляющих его сборочных единиц и деталей.

Исходя из перечисленных выше процессов можно сделать вывод почему процесс сборки является таким продолжительным и важным этапом во всем производстве, поэтому разработка технологии сборки изделия является одной из важных составных частей технологической подготовки производства.

#### 4.1 Анализ исходных данных

В данном разделе рассматривается процесс сборки электромагнитной гистерезисной муфты с аксиальным зазором и тангенциальным намагничиванием. Предварительно оценив количество оборудования, необходимое для изготовления 4000 штук в год; нормы времени на каждой технологической операции; необходимо провести анализ технологичности конструкции и в случае необходимости дать рекомендации по повышению технологичности. Для выполнения данной работы дан сборочный чертеж и спецификация. По итогам работы необходимо предоставить эскиз схемы сборки, график загрузки оборудования и маршрутную карту.



Рисунок 4.1 – Соединительная муфта

В гистерезисных муфтах силы сцепления между ведущей и ведомой частями создаются за счет использования явления остаточного намагничивания магнитотвердых материалов. Одна из частей гистерезисной муфты (как правило, ведомая) несет на себе гистерезисный слой, выполняемый из материала с большими удельными потерями на гистерезис, причем гистерезисный материал муфты предварительно не намагничивается. Другая часть муфты представляет собой многополюсную магнитную систему с полюсами чередующейся полярности.

Для того чтобы обеспечить качество продукции, то есть вращающего момента (величину, стабильность) необходимо соблюсти точность формы,

размеров, относительного положения и движения исполнительных поверхностей муфты. Применение посадки подшипников с натягом позволяет уменьшить число деталей и снизить трудоемкость при сборке.

При малейших перекосах и отклонениях от соосности механизм разлаживается и усиленно изнашивается. Свидетельством этого могут быть чрезмерный нагрев подшипников, стук, и т.д. То есть необходимо уделить внимание контрольным операциям.

#### **4.2. Оценка технологичности конструкции**

При проектировании конструкции изделия необходимо задаваться не только целью обеспечения необходимых эксплуатационных требований, но также учитывать трудоемкость и материальные затраты на изготовление. Технологичность конструкции определяет соответствие конструкции изделий требованиям минимальной трудоемкости и материалоемкости. Конструкцию изделия можно считать технологичной, если изделие можно изготовить, используя экономичные и производительные методы, при этом изделие будет соответствовать современному уровню техники. Отработка на технологичность начинается на стадии технического задания и производится на всех этапах проектирования изделий. Однако трудоемкость и материалоемкость изделия зависят не только от конструкции, но в значительной степени от выбранных технологических процессов и оснащенности производства.

Компоновка муфты исключает необходимость проведения промежуточной разборки и повторной сборки его составных частей, а также сборочные единицы являются унифицированными, что позволяет заменять одни детали другими в случае дефектов.

Электромагнитная муфта – сборочная единица, состоящая из небольшого числа составных частей, что является подтверждением технологичности конструкции. На рисунке 4.2 изображены основные части из которых состоит муфта. Подшипники поз. 8 напрессованы на поз. 1, 2.

Неподвижность обеспечивается за счёт посадки с натягом под действием осевой силы, создаваемой прессом или с термовоздействием. Защита подшипников обеспечивается подшипниковыми щитами поз. 6.

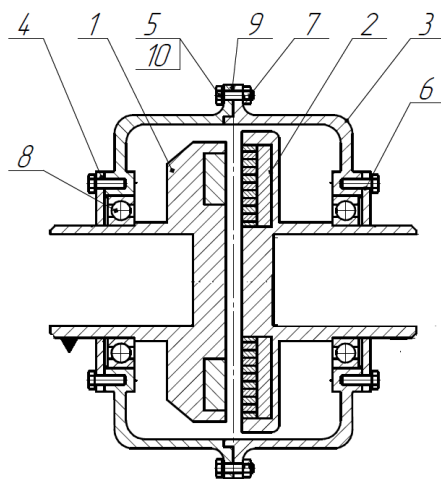


Рисунок 4.2 – Фрагмент сборочного чертежа гистерезисной муфты

Для сборки муфты применены технологичные виды соединений. Фиксация дисков относительно корпуса обеспечивает прессовая посадка подшипников.

Технологичность подшипников также важна. Установлены закрытые подшипники с двухсторонними контактными уплотнениями, благодаря которым в будущем не надо проводить проверочные и смазочные работы.

Конструкция обеспечивает свободный доступ рабочих органов оборудования и сборочных инструментов к соответствующим местам соединения деталей.

В конструкции муфты предусмотрена базовая часть – ведущий диск, являющийся основой для установки остальных частей.

#### 4.3 Составление схемы сборки и маршрутной технологии

В качестве базовой детали принимаем ведущий диск, так как его проще зафиксировать в приспособлении. Сначала производится шлифовка внешней поверхности дисков под посадку подшипников, далее напрессовать подшипники. Обработать стыки корпусов, соединить их между собой и

закрепить болтами с гайками. Далее закрепить подшипниковые щиты болтами. В заключение наружную поверхность муфты необходимо покрыть эмалью ГФ 92ГС (рисунок 4.3). Провести контроль сборки.

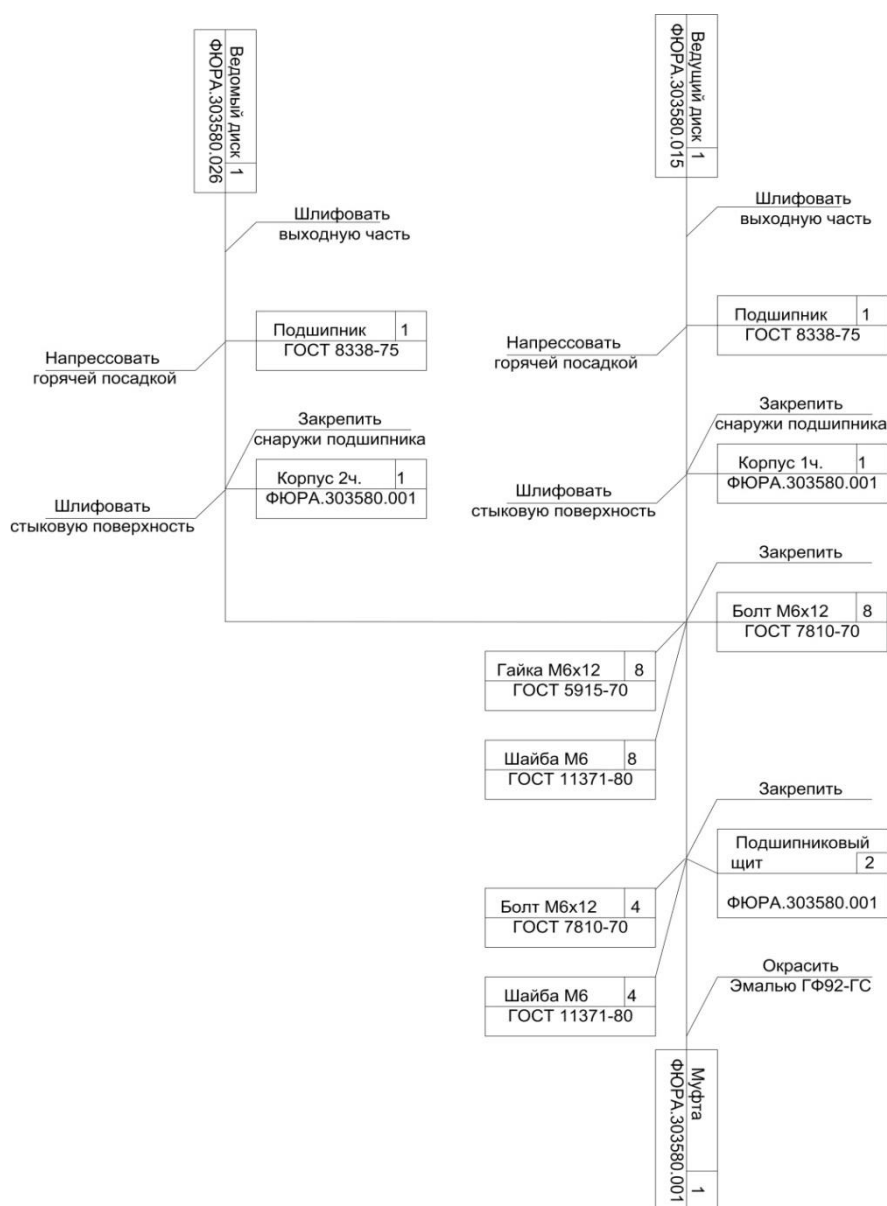


Рисунок 4.3 – Схема сборки гистерезисной муфты

На базе схемы сборки разрабатывается маршрутная технология, устанавливающая последовательность и содержание операций. Если последовательность операций уже predeterminedена схемой сборки, то

содержание операций устанавливают в зависимости от выбранного типа производства и темпа сборки.

#### 4.4 Выбор оборудования

Для обработки шлифованием дисков перед посадкой подшипников и корпуса перед сборкой используется станок KSM–1. Шлифовальный станок по металлу KSM является недорогим решением для шлифования (подшлифовка, зачистка, обдирка, заглаживание, доведение поверхностей) нестандартных профильных криволинейных заготовок из различных металлов и сплавов. Основные характеристики шлифовального станка приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 Характеристики станка KSM–1

Щеточный шлифовальный станок по металлу:	KSM-1
Количество рабочих узлов, шт	1
Максимальная ширина обработки, мм	300
Диаметр устанавливаемого инструмента, мм	150 ... 350
Посадочный диаметр валов, мм	30
Мощность электродвигателя, кВт	3
Скорость вращения щеточного вала (бесступенчато), об/мин	200...1200
Диаметр патрубка аспирации, мм	150
Минимальная производительность аспирации, куб.м./час	700
Минимальная скорость воздушного потока, м/с	25

Для запрессовки подшипников на диски используется метод горячей посадки. Подшипники нагреваются индукционным способом. Индукционное нагревание – это безопасный и экологически чистый метод нагревания подшипников, являющийся альтернативой традиционным способам нагрева: нагреванию в масляной ванне, в печи, на нагревательных плитах, или с помощью обдува горелкой. Кроме того традиционное нагревание подшипников, как правило, сопровождается дымом, едкими запахами и предполагает значительный расход масла. Подобные виды нагрева

подшипников перед монтажом представляют опасность для здоровья обслуживающего персонала и вредны для окружающей среды, тогда как индукционное нагревание - безопасный и экологически чистый процесс. В представленном технологическом процессе предполагается использование индукционного нагревателя SCORPIO TMBH 1, характеристики которого приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 Технические характеристики индукционного нагревателя

Питание:	
- напряжение	100 - 240 В, 50 - 60 Гц
- потребляемая мощность	350 Вт
- косинус	> 0,95
Нагреваемая деталь:	
- внутренний диаметр	20 ... 100 мм
- ширина	< 50 мм
- вес	до 5 кг

Окраска корпуса выполняется с помощью компрессора «Калибр Мастер кб-1100м». Характеристики: поршневой компрессор, тип – безмасляный, привод – прямой, мобильность – стационарный, тип двигателя – электрический, производительность на входе - 180л/м, давление - 8 бар, мощность - 1.1 кВт.

#### 4.5. Расчет норм времени

Определение норм времени производится по укрупнённым нормативам (на технологические переходы) и по типовым нормам, составленным аналитическим методом для типовых технологических процессов. В нормировочном справочнике [13] в специальных подразделах приведены различные операции с разбивкой на технологические переходы. Для каждого перехода приведены возможные варианты их выполнения в

зависимости от факторов, влияющих на процесс сборки (масса, диаметр, вид посадки, величина перемещения, способ перемещения, число точек ориентации и пр.). Для каждого перехода приведены значения штучного времени, т.е. в этих значениях учтено не только операционное время, но и время на обслуживание рабочего места и время на личные потребности и отдых. Расчёт штучного времени на операцию по сборке двух корпусов приведен в таблице 4.3 [15]. Нормы времени для каждого перехода определяются исходя из размеров деталей для сборки и существующих для них норм.

Таблица. 4.3 Нормы времени для каждой операции

№ перехода	Содержание работы	№ карты и позиции	Время в мин
1	Взять две части корпуса в сборе и закрепить на верстаке.	Карта 3, операция 5, строка 33.	$T = 0,4$
2	Взять болт, одеть шайбу на болт и вставить в отверстие, ввернуть от руки.	Карта 3, операция 5, строка 33.	$T=0,1$
3	Взять ключ, завернуть болт.	Карта 4, операция 5, строка 34.	$T=0,34$
4	Взять гайку, надеть на болт и навернуть от руки.	Карта 4, операция 5, строка 34.	$T=0,1$
5	Взять ключ и завернуть гайку.	Карта 4, операция 5, строка 34.	$T=0,33$
Итого:			1,27

#### 4.6. Расчет количества оборудования

Количество оборудования, необходимое для организации производства, и его загрузка являются исходными данными для проектирования участка цеха. Определяем составляющие на 2016 год, число дней в котором 366.

$V_d = 118$  – количество выходных дней;

$P_d = 8$  – количество праздничных дней;



$z = 1$  – число смен работы оборудования;

$K_p = 0,97$ , т.к. масса прессы равна 1,208 т.

Эффективный годовой фонд времени работы шлифовального станка при обработке поверхностей равен:

$$\begin{aligned} F_d &= [(366 - B_d - \Pi_d) \cdot 8 - \Pi_{\text{пл}}] \cdot z \cdot K_p = \\ &= [(366 - 118 - 14) \cdot 8] \cdot 1 \cdot 0,97 = 1971 \text{ часов.} \end{aligned} \quad (4.1)$$

Расчетное число оборудования равно

$$C_p = \frac{T_{\text{шт-к}} \cdot N}{60 F_d} = \frac{1,001 \cdot 4000}{60 \cdot 1971} = 0,173, \quad (4.2)$$

где

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n_{\text{изд}}} = 1,0 + \frac{0,35}{334} = 1,001 \text{ мин,} \quad (4.3)$$

$T_{\text{шт}} = 1,0$  мин, можно принять  $T_{\text{пз}} = 0,35 \cdot T_{\text{шт}} = 0,035 \cdot 1 = 0,35$  мин;

$n_{\text{изд}} = \frac{N}{12} = \frac{4000}{12} = 334$  – число изделий в месячной партии.

Принимаем число шлифовальных станков равным  $C_p = 1$  и определяем коэффициент загрузки оборудования  $K_z = (C_p / C_{\text{п}}) \cdot 100 = (0,0173 / 1) \cdot 100 = 17,3 \%$ .

Расчёт коэффициента загрузки для индукционной печи и компрессора проводим аналогичным образом и результаты сводим в график загрузки оборудования, представленный на рисунке 4.4.

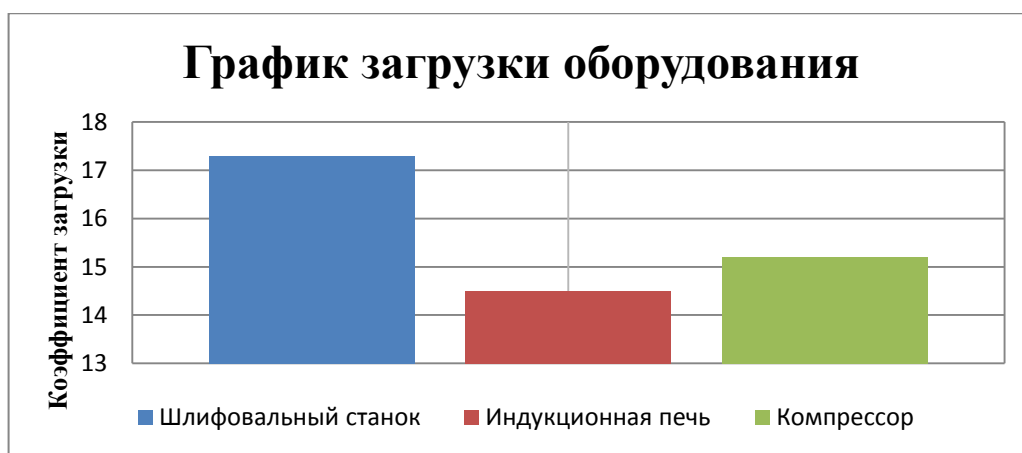


Рисунок 4.4 – График загрузки оборудования

Из графика загрузки оборудование следует что данный тип производства позволяет существенно увеличить годовой выпуск гистерезисных муфт, без увеличения количества оборудования, т.к. самый большой коэффициент загрузки оборудования не превышает 20%.

### Вывод по разделу

В данном разделе ВКР был произведен расчет схемы сборки гистерезисной муфты с тангенциальным намагничением, была проанализирована технологичность конструкции, составлена схема сборки с учетом особенностей корпуса, типа подшипника и других составных частей, осуществлен расчет норм времени и составлена маршрутная карта с подробным описанием каждого перехода и использованного оборудования. Для рабочего, пользующегося картой эскизов и маршрутной картой, не составит затруднений осуществить сборку муфты. Благодаря целесообразной и продуманной конструкции муфты процесс сборки не включает в себя сложных приемов и не затрагивает высокие категории работ, что позволяет применение данной схемы сборки в расширенном диапазоне.

При разработке технологических процессов сборки использовалась информация: базовая, руководящая и справочная. Разработка основывалась на методе полной взаимозаменяемости всех компонентов муфты.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕДИНЕНИЕ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5Г2Г	Савельевой Марии Вячеславовне

<b>Институт</b>	<b>ЭНИН</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ЭКМ</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника профиль « <u>Электрические и электронные аппараты</u> »

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

<i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости по г. Томску Оклады в соответствии с окладами сотрудников НИ ТПУ
<i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	30 % премии 20 % надбавки 16% накладные расходы 13% районный коэффициент
<i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	27,1 отчисления на социальные нужды

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

<i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Анализ конкурентных технических решений. Оценки перспективности проекта по технологии QuaD.
<i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Формирование плана и графика разработки : -определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Ганта. Формирование бюджета затрат на научное исследование: - материальные затраты; -заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления на социальные цели; - накладные расходы.

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

<i>Оценка конкурентоспособности технических решений Оценочная карта QuaD График Ганта График проведения и бюджет НИ Определение ресурсоэффективности проекта</i>
--

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Трофимова М.Н.			

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
5Г2Г	Савельева Мария Вячеславовна		

## **5 Раздел по теме: «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»**

### **Введение**

В последние десятилетия основное количество научных разработок связано с инженерной, а не с фундаментальной сферой. Для инженерной разработки очень важным параметром является её коммерческая ценность, которая объединяет в себя множество факторов и позволяет инвесторам оценить перспективность разработки, не углубляясь в её суть. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования.

Коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, каков бюджет научного проекта, какой срок потребуется для выхода на рынок и т.д.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является оценка того, насколько проект целесообразен и конкурентоспособен.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- оценить коммерческий потенциал и перспективность проведения научных исследований;
- определить возможные альтернативы проведению научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- спланировать научно-исследовательскую работу;
- определить ресурсную (ресурсосберегающую), финансовую, бюджетную, социальную и экономическую эффективность исследования.

## 5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований

Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

В данном случае сегментирования целесообразно провести по критерию стоимости, т.к. необходимо обеспечить конкурентоспособность электропривода (ЭП) с гистерезисной муфтой относительно электропривода с преобразователем частоты. Т.к. муфта является на рынке относительно новым продуктом, то сегментирование рынка произведем относительно всех разработок в области электропривода.

Выделяются следующие сегменты рынка:

- по разработке, проектированию и производству;
- по установке и пуско-наладке;
- по дальнейшему обслуживанию и ремонту.

Исходя из сегмента рынка, будет произведено сегментирование коммерческих организаций по отраслям. Сегментирование приведено в таблице 5.1.

Таблица 5.1 Карта сегментирования рынка разработок для ЭП

	Нерегулируемый электропривод	Электропривод с тиристорным регулятором напряжения	Электропривод с преобразователем частоты
Проектирование и производство			
Установка и пуско-наладка			
Обслуживание и ремонт			
Фирма А		Фирма Б	

Результаты сегментирования:

- Основными сегментами рынка являются все виды деятельности для нерегулируемых электроприводов и электроприводов с тиристорным регулятором напряжения;
- Наиболее сильно предприятие должно быть ориентировано на создание достойной конкуренции в сфере нерегулируемого электропривода, т.к. именно к этому сегменту можно отнести ЭП оснащённый гистерезисной муфтой;
- Наиболее привлекательными сегментами рынка являются отрасли, связанные с проектированием и производством, установкой и пуско-наладкой электроприводов с преобразователем частоты.

## **5.2 Технология QuaD**

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

В основе технологии QuaD лежит нахождение средневзвешенной величины следующих групп показателей:

### **1) Показатели оценки коммерческого потенциала разработки:**

- влияние нового продукта на результаты деятельности компании;
- перспективность рынка;
- пригодность для продажи;
- перспективы конструирования и производства;
- финансовая эффективность.
- правовая защищенность и др.

### **2) Показатели оценки качества разработки:**

- динамический диапазон;
- вес;

- ремонтпригодность;
- энергоэффективность;
- долговечность;
- эргономичность;
- унифицированность;
- уровень материалоемкости разработки и др.

Показатели оценки качества и перспективности новой разработки подбираются исходя из выбранного объекта исследования с учетом его технических и экономических особенностей разработки, создания и коммерциализации.

Для упрощения процедуры проведения QuaD оценка проводится в табличной форме (таблица 5.2).

В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по столбальной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Таблица 5.2 Оценочная карта сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)x100
1	2	3	4	5	
<b>Показатели оценки качества разработки</b>					
1. Повышение производительности труда пользователя	0,08	93	100	0,93	7,44
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,1	90	100	0,9	9
3. Помехоустойчивость	0,05	95	100	0,95	4,75
4. Энергоэкономичность	0,12	93	100	0,93	11,16
5. Надежность	0,07	95	100	0,95	6,65
6. Уровень шума	0,05	95	100	0,95	4,75
7. Безопасность	0,02	85	100	0,85	1,7

Продолжение таблицы 5.2

8. Потребность в ресурсах памяти	0,03	75	100	0,75	2,25
9. Функциональная мощность (возможности)	0,05	83	100	0,83	4,15
10. Простота эксплуатации	0,04	97	100	0,97	3,88
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,04	95	100	0,95	3,8
12. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,06	99	100	0,99	5,94
<b>Показатели оценки коммерческого потенциала разработки</b>					
1. Конкурентоспособность продукта	0,03	92	100	0,92	2,76
2. Уровень проникновения на рынок	0,03	30	100	0,3	0,9
3. Цена	0,08	70	100	0,7	5,6
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	92	100	0,92	4,6
5. Послепродажное обслуживание	0,02	92	100	0,92	1,84
6. Финансирование научной разработки	0,03	80	100	0,8	2,4
7. Срок выхода на рынок	0,02	75	100	0,75	1,5
8. Наличие сертификации разработки	0,03	85	100	0,85	2,55
<b>Итого</b>	<b>1</b>				<b>87,62</b>

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot B_i = 0,08 \cdot 93 + 0,1 \cdot 90 + \dots + 0,03 \cdot 85 = 88,72, \quad (5.1)$$

где  $P_{cp}$  – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – средневзвешенное значение  $i$ -го показателя.

Значение  $P_{cp}$  получилось равным 88,72, что говорит о том, что данная разработка является перспективной.



### 5.3 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Он проводится в несколько этапов.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Дадим трактовку каждому из этих понятий.

1. Сильные стороны. Сильные стороны – это факторы, характеризующие конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта. Сильные стороны свидетельствуют о том, что у проекта есть отличительное преимущество или особые ресурсы, являющиеся особенными с точки зрения конкуренции. Другими словами, сильные стороны – это ресурсы или возможности, которыми располагает руководство проекта и которые могут быть эффективно использованы для достижения поставленных целей. При этом важно рассматривать сильные стороны и с точки зрения руководства проекта, и с точки зрения тех, кто в нем еще задействован. При этом рекомендуется задавать следующие вопросы:

- Какие технические преимущества вы имеете по сравнению с конкурентами?
- Что участники вашего проекта умеют делать лучше всех?
- Насколько ваш проект близок к завершению по сравнению с конкурентами?

2. Слабые стороны. Слабость – это недостаток, упущение или ограниченность научно-исследовательского проекта, которые препятствуют достижению его целей. Это то, что плохо получается в рамках проекта или где он располагает недостаточными возможностями или ресурсами по

сравнению с конкурентами. Чтобы прояснить в каких аспектах вас, возможно, превосходят конкуренты, следует спросить:

- Что можно улучшить?
- Что делается плохо?
- Чего следует избегать?

3. Возможности. Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта, например, тенденцию, изменение или предполагаемую потребность, которая поддерживает спрос на результаты проекта и позволяет руководству проекта улучшить свою конкурентную позицию. Формулирование возможностей проекта можно упростить, ответив на следующие вопросы:

- Какие возможности вы видите на рынке? Проводите поиск свободных ниш, но помните, что свободными они остаются недолго. Благоприятная возможность, увиденная сегодня, может перестать существовать уже через три месяца. Благоприятные возможности могут возникать в силу действия следующих факторов:
  - изменения в технологической сфере и на рынке – как мирового, так и регионального масштаба;
  - изменения правительственной политики в отношении отрасли, где проводится научное исследование;
  - изменения социальных стандартов, профиля населения, стиля жизни и т.д.
- В чем состоят благоприятные рыночные возможности?
- Какие интересные тенденции отмечены?
- Какие потребности, пожелания имеются у покупателя, но не удовлетворяются конкурентами?

4. Угроза представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его

конкурентоспособности в настоящем или будущем. В качестве угрозы может выступать барьер, ограничение или что-либо еще, что может повлечь за собой проблемы, разрушения, вред или ущерб, наносимый проекту. Для выявления угроз проекта рекомендуется ответить на следующие вопросы:

- Какие вы видите тенденции, которые могут уничтожить ваш научно-исследовательский проект или сделать его результаты устаревшими?
- Что делают конкуренты?
- Какие препятствия стоят перед вашим проектом (например, изменения в законодательстве, снижение бюджетного финансирования проекта, задержка финансирования проекта и т.п.)?
- Изменяются ли требуемые спецификации или стандарты на результаты научного исследования?
- Угрожает ли изменение технологии положению вашего проекта?
- Имеются ли у руководства проекта проблемы с материально-техническим обеспечением?

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 Матрица SWOT

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>C1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии.</p> <p>C2. Экологичность технологии.</p> <p>C3. Низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.</p> <p>C4.Повышение производительности труда.</p> <p>C5. Квалифицированный персонал.</p> <p>C6. Высокий срок эксплуатации.</p> <p>C7.Надежность данной системы по сравнению с другими.</p> <p>C8. Высокое качество продукции.</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>Сл1. Отсутствие полевых данных о работе продукта</p> <p>Сл2. Большой срок выхода на рынок</p> <p>Сл3. Высокая стоимость программного обеспечения</p>
--	---	---

Продолжение таблицы 5.3

<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1.Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2.Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>В3. Снижение стоимости на электроэнергию и материалы, используемые при научных исследованиях</p> <p>В4. Повышение стоимости конкурентных разработок</p> <p>В5. Развитие технологий в данной отрасли</p>		
<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства.</p> <p>У2. Развитая конкуренция технологий производства</p> <p>У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции</p> <p>У4.Экономическая ситуация в стране, влияющая на спрос.</p> <p>У5. Появление новых конкурентных разработок.</p>		

Описание сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта, его возможностей и угроз производится на основе результатов анализа, проведенного в предыдущих разделах бакалаврской работы.

После того как сформулированы четыре области SWOT переходим к реализации второго этапа.

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям.

В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Возможно использование этой матрицы в качестве одной из основ для оценки вариантов стратегического выбора. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Полученная интерактивная матрица проекта представлена в таблице 5.4.

Таблица 5.4 Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта									
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
	B1	0	+	0	0	+	0	+	+
	B2	+	+	+	+	-	+	+	+
	B3	+	-	+	+	-	+	+	0
	B4	+	-	-	0	+	+	+	+
	B5	+	0	+	+	+	+	+	+

Результаты анализа таблицы:

B2B3B4C1C6C7

B1C2C5C7C8

B4C1C5C6C7C8

B5C1C3C4C5C6C7C8

Продолжение таблицы 5.4

Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	B1	-	-	-
	B2	-	-	-
	B3	-	-	-
	B4	-	-	0
	B5	+	0	+

Результаты анализа таблицы:

В5Сл1Сл3

Продолжение таблицы 5.4

Сильные стороны проекта									
Угрозы		С1	С2	С3	С4	С5	С6	С7	С8
	У1	-	-	-	-	+	-	-	-
	У2	0	0	-	-	-	-	-	-
	У3	+	0	+	+	-	+	0	0
	У4	-	-	-	0	-	-	-	-
	У5	0	-	-	-	+	-	-	-

Результаты анализа таблицы:

У1С5

У3С1С3С4С6

У2С9

У5С5

Окончание таблицы 5.4

Слабые стороны проекта				
Угрозы		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	+	0	0
	У2	-	0	+
	У3	+	+	+
	У4	+	-	+
	У5	+	0	+

Результаты анализа таблицы:

У1Сл1

У2Сл3

У3Сл1Сл2Сл3

У4У5Сл1Сл3

В рамках третьего этапа составляем итоговую матрицу SWOT-анализа (таблица 5.5).

Таблица 5.5 Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии.</p> <p>С2. Экологичность технологии.</p> <p>С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.</p> <p>С4.Повышение производительности труда.</p> <p>С5. Квалифицированный персонал.</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>Сл1. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой</p> <p>Сл2. Большой срок выхода на рынок</p> <p>Сл3. Высокая стоимость лицензионного программного обеспечения</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1.Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2.Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>В3. Снижение стоимости на электроэнергию и материалы, используемые при научных исследований</p> <p>В4. Повышение стоимости конкурентных разработок</p> <p>В5. Развитие технологий в данной отрасли</p>	<p>В2В3В4С1С6С7</p> <p>В1С2С5С7С8</p> <p>В4С1С5С6С7С8</p> <p>В5С1С3С4С5С6С7С8</p>	<p>В5Сл1Сл3</p>

Продолжение таблицы 5.5

<b>Угрозы:</b>	У1С5	У1Сл1
У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства.	У3С1С3С4С6	У2Сл3
У2. Развитая конкуренция технологий производства	У2С9	У3Сл1Сл2Сл3
У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции	У5С5	У4У5Сл1Сл3
У4. Экономическая ситуация в стране, влияющая на спрос.		
У5. Появление новых конкурентных разработок.		

Результаты SWOT-анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта.

#### **5.4 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований**

В предыдущем разделе были описаны методы, которые позволяют выявить и предложить возможные альтернативы проведения исследования и доработки результатов. К их числу относятся технология QuaD, SWOT-анализ. К ним можно добавить ФСА-анализ, метод Канон, оценку конкурентных инженерных решений. Однако, в большей степени все приведенные методы ориентированы на совершенствование результатов научного исследования, находящегося на стадии создания макета, модели системы, прототипа, конечного продукта. Если разработка находится на перечисленных стадиях жизненного цикла нового продукта, можно предложить не менее двух–трех основных вариантов совершенствования разработки или основных направлений научного исследования.



Разработка относится к вышеописанным стадиям, поэтому нет необходимости использовать морфологический подход.

### 5.5 Планирование научно-исследовательских работ

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

Составляем перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проводим распределение исполнителей по видам работ. Результат представлен в таблице 5.6.

Таблица 5.6 Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка тех. задания	1	Составление и утверждение тех. задания	Руководитель темы
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Описание объекта автоматизации (модернизации)	Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Разработка структурной (принципиальной) схемы ЭП	Инженер
	6	Расчет параметров двигателя и модели	Инженер
	7	Выбор конструкции муфты	Инженер
	8	Расчет предельных характеристик системы «двигатель-муфта»	Инженер

Продолжение таблицы 5.6

Теоретические и экспериментальные исследования	9	Разработка математической модели системы ЭП	Инженер
	10	Оптимизация САР электропривода	Инженер
	11	Разработка программы имитации	Инженер
Обобщение и оценка результатов	12	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель
<i>Проведение ОКР</i>			
Разработка технической документации и проектирование	13	Технико-экономические расчеты	Инженер
	14	Вопросы безопасности и экологичности проекта	Инженер
	15	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (5.2)$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (5.3)$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

## 5.6 Разработка графика проведения научного исследования

Т.к. объём работы не большой, то в качестве ленточного графика рационально использовать диаграмму Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (5.4)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (5.5)$$

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе  $T_{ki}$  необходимо округлить до целого числа.

Все рассчитанные значения сводим в таблицу 5.7.

Пример расчета (составление и утверждение технического задания):

$$t_{\text{о.ж}} = \frac{3 \cdot t_{\text{min}} + 2 \cdot t_{\text{max}}}{5} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 1,4 \approx 2 \text{ чел} - \text{дней};$$

$$T_p = \frac{t_{\text{о.ж}}}{\text{ч}} = \frac{2}{1} = 2 \text{ дня};$$

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 116 - 14} = 1,553;$$

$$T_k = T_p \cdot k_{\text{кал}} = 2 \cdot 1,553 = 3,106 \approx 4 \text{ дня}.$$

Таблица 5.7 Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ									Длительность работ в рабочих днях, $T_{pi}$			Длит. работ в Календарных днях, $T_{ki}$		
	$t_{\min}$ , чел-дни			$t_{\max}$ , чел-дни			$t_{ож\ i}$ , чел-дни								
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Составление и утверждение технического задания	2	2	1	4	4	2	3	3	2	3	3	2	5	5	4
Подбор и изучение материалов по теме	6	7	5	10	11	9	8	9	7	8	9	7	13	14	11
Описание объекта автоматизации (модернизации)	4	3	3	7	6	5	6	5	4	6	5	4	10	8	7
Календарное планирование работ по теме	3	4	3	5	6	5	4	5	4	4	5	4	7	8	7
Разработка структурной (принципиальной) схемы ЭП	4	6	5	8	12	10	6	9	7	6	9	7	10	14	11
Расчет параметров двигателя и модели	4	5	3	8	9	7	6	7	5	6	7	5	10	11	8
Подбор конструкции муфты	5	4	3	9	8	7	7	6	5	7	6	5	11	10	8
Расчет предельных характеристик системы «двигатель-муфта»	3	3	2	6	6	4	5	5	3	5	5	3	8	8	5
Разработка математической модели системы ЭП	5	4	3	9	8	7	7	6	5	7	6	5	11	10	8
Оптимизация САР электропривода	5	4	5	9	8	9	7	6	7	7	6	7	11	10	11
Разработка программы имитационного моделирования	3	4	4	7	8	8	5	6	6	5	6	6	8	10	10
Оценка эффективности полученных результатов	1	2	2	3	4	4	2	3	3	2	3	3	4	5	5
Технико-экономические расчеты	3	3	4	6	7	7	5	5	6	5	5	6	8	8	10
Вопросы безопасности и экологичности проекта	4	4	3	7	7	5	6	6	4	6	6	4	10	10	7
Составление пояснительной записки	1	2	1	3	4	3	2	3	2	2	3	2	4	5	4

Итого длительность работ в календарных днях при использовании

–Первого варианта – 130 календарных дней.

–Второго варианта – 136 календарных дней.

–Третьего варианта – 116 календарных дней.

На основе таблицы 5.7 строим календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования.

Календарный план-график построенный для максимального по длительности третьего варианта исполнения работ рамках научно-исследовательского проекта приведен в таблицу 5.8.

Таблица 5.8 Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ раб .	Вид работ	Исполнители	$T_{ki}$ , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				фев.		март			апрель			май			июнь		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Составление и утверждение тех. задания	Руководитель	4														
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	11														
3	Описание объекта автоматизации (модернизации)	Инженер	7														
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель	7														
5	Разработка структурной (принцип.) схемы ЭП	Инженер	11														
6	Расчет параметров двигателя и модели	Инженер	8														

Продолжение таблицы 5.8

7	Подбор конструкции муфты	Инженер	8	
8	Расчет предельных хар-к. системы «двигатель-муфта»	Инженер	5	
9	Разработка мат. модели системы ЭП	Руководитель	8	
10	Оптимизация САР электропривода	Инженер	11	
11	Разработка программы имитации	Инженер	10	
12	Оценка эфф-ти полученных результатов	Руководитель	5	
13	Технико-экономические расчеты	Инженер	10	
14	Вопросы безопасности и экологичности проекта	Инженер	7	
15	Составление пояснительной записки	Инженер	4	
	Общее время на проект		116	
	Время работы инженера		92	
	Время работы рук-ля		24	

### 5.7 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;

- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

Все необходимое оборудование и материалы имеются в лаборатории, поэтому расчет материальных затрат не производится.

Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной з/платы сводится в таблице 5.9.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (5.6)$$

где  $З_{осн}$  – основная заработная плата;

$З_{доп}$  – дополнительная заработная плата (12-20 % от  $З_{осн}$ ).

Основная заработная плата ( $З_{осн}$ ) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p, \quad (5.7)$$

где  $З_{осн}$  – основная заработная плата одного работника;



Таблица 5.9 Расчет основной заработной платы

№ п/ п	Наименование этапов			Исполнители по категориям			Трудоемкость, чел.-дн.			З/п, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.			Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Составление и утверждение технического задания			Руководитель	Руководитель	Руководитель	5	5	4	2351	2351	2351	11755	11755	9404
2	Подбор и изучение материалов по теме			Инженер	Инженер	Инженер	13	14	11	1523	1523	1523	19799	21322	16753
3	Описание объекта автоматизации (модернизации)			Инженер	Инженер	Инженер	10	8	7	1523	1523	1523	15230	12184	10661
4	Календарное планирование работ по теме			Руководитель	Руководитель	Руководитель	7	8	7	2351	2351	2351	16457	18808	16457
5	Разработка структурной (принципиальной) схемы ЭП			Инженер	Инженер	Инженер	10	14	11	1523	1523	1523	15230	21322	16753
6	Расчет параметров двигателя и модели			Инженер	Инженер	Инженер	10	11	8	1523	1523	1523	15230	16753	12184
7	Подбор конструкции муфты			Инженер	Инженер	Инженер	11	10	8	1523	1523	1523	16753	15230	12184
8	Расчет предельных характ. системы «двигатель-муфта.»			Инженер	Инженер	Инженер	8	8	5	1523	1523	1523	12184	12184	7615
9	Разработка математической модели системы ЭП			Руководитель	Руководитель	Руководитель	11	10	8	2351	2351	2351	25861	15230	18808
10	Оптимизация САР электропривода			Инженер	Инженер	Инженер	11	10	11	1523	1523	1523	16753	15230	16753
11	Разработка программы имитационного моделирования			Инженер	Инженер	Инженер	8	10	10	1523	1523	1523	12184	15230	15230
12	Оценка эффективности полученных результатов			Руководитель	Руководитель	Руководитель	4	5	5	2351	2351	2351	9404	11755	11755
13	Технико-экономические расчеты			Инженер	Инженер	Инженер	8	8	10	1523	1523	1523	12184	12184	15230
14	Вопросы безопасности и экологичности проекта			Инженер	Инженер	Инженер	10	10	7	1523	1523	1523	15230	15230	10661
15	Составление пояснительной записки			Инженер	Инженер	Инженер	4	5	4	1523	1523	1523	6092	7615	6092
Итого:													220346	222032	196540

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 7);

$Z_{дн}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{53594 \cdot 10,4}{237} = 2351 \text{ руб.}, \quad (5.8)$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 5.10).

Таблица 5.10 Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	52	52
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	48
- невыходы по болезни	14	14
Действительный годовой фонд рабочего времени	237	237

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{ТС} \cdot (1 + k_{пр} + k_o) \cdot k_p = 27484 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 53594 \text{ руб.}$$

где  $Z_{ТС}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от  $Z_{ТС}$ );

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от  $Z_{tc}$ );

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Тарифная заработная плата  $Z_{tc}$  находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда  $T_{ci} = 600$  руб. на тарифный коэффициент  $k_t$  и учитывается по единой для бюджетных организации тарифной сетке. Для предприятий, не относящихся к бюджетной сфере, тарифная заработная плата (оклад) рассчитывается по тарифной сетке, принятой на данном предприятии. Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 5.11.

Таблица 5.11 Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{tc}$ , руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	27484	0,3	0,2	1,3	53594	2351	24	56424
Инженер	17808	0,3	0,2	1,3	34725	1523	92	140116
Итого $Z_{осн}$								196540

Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,13 \cdot 56424 = 7335 \text{ руб.}, \quad (5.9)$$

где  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

### Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда .

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,271 \cdot (56424 + 7335) = 17279 \text{ руб.} \quad (5.10)$$

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2015 г. в соответствии с Федеральным закона от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2015 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 5.12

Таблица 5.12 Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель	63477	65828	56424	8252	8557	7335
Инженер	156869	164484	140116	20393	21383	18215
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271					
Итого						
Исполнение 1	67354					
Исполнение 2	70527					
Исполнение 3	60186					

Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}} = (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{внеб}}) \cdot 0,16 = \\ = (196540 + 25550 + 60186) = 45164, \quad (5.11)$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Расчет величины накладных расходов приведен в таблице 5.13.

Таблица 5.13 Накладные расходы

	$Z_{\text{накл}}$ , руб.
Исполнение 1	50615
Исполнение 2	51599
Исполнение 3	45164

#### Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 5.14.

Таблица 5.14 Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	220346	222032	196540	Пункт 3.4.1
2. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	28645	29940	25550	Пункт 3.4.2
3. Отчисления во внебюджетные фонды	67354	70527	60186	Пункт 3.4.3
4. Накладные расходы	50615	51599	45164	16 % от суммы ст. 1-5
5. Бюджет затрат НТИ	369960	374098	327440	Сумма ст. 1- 6

## 5.8 Определение ресурсоэффективности проекта

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{фин}^{исп.i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (5.12)$$

где  $I_{фин}^{исп.i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\max}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Расчёт интегрального финансового показателя приведен в таблице 5.15.

Таблица 5.15 Расчёт интегрального финансового показателя конкурентных тех. решений

	$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$
Исполнение 1	0,98
Исполнение 2	1
Исполнение 3	0,87

Величина интегрального финансового показателя разработки схемы 3 (преобразователь частоты) отражает соответствующее численное удешевление стоимости электропривода при одинаковой мощности. Схема 3 имеет наименьший интегральный показатель среди трёх конкурентных технических решений, и, следовательно, вариант схемы является наиболее финансово эффективным, что является определяющим критерием.

Определение ресурсоэффективности проекта схемы 3 можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (5.13)$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности;

$a_i$  – весовой коэффициент разработки;

$b_i$  – балльная оценка разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Расчёт интегрального показателя ресурсоэффективности схем проводим в виде табличной формы (таблица 5.16).

Таблица 5.16 Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэф.	Нерегулируемый электропривод	Электропривод с тиристорным регулятором напряжения	Электропривод с преобразователем частоты
1. Безопасность	0,2	5	5	5
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	4	5
3. Помехоустойчивость	0,10	4	4	4
4. Энергосбережение	0,15	3	4	5
5. Надёжность	0,25	5	5	5
6. Материалоёмкость	0,15	4	4	4
Итого:	1,00	4,3	4,45	4,75

Рассчитываем показатель ресурсоэффективности:

$$I_p = 0,2 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,25 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 = 4,75.$$

Показатель ресурсоэффективности проекта имеет высокое значение, что говорит об эффективности использования технического проекта.

Таким образом, применение нерегулируемых электроприводов на данный момент остается эффективным и сохраняет конкурентоспособность.

В ходе выполнения данной части выпускной работы была доказана конкурентоспособность данного технического решения, был произведен SWOT-анализ, планирование, которое ограничило выполнение работы в 116 дней. Также был посчитан бюджет НТИ равный 327440 руб, основная часть которого приходится на зарплаты сотрудников.



## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5Г2Г	Савельева Мария Вячеславовна

<b>Институт</b>	<b>ЭНИН</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ЭКМ</b>
<b>Уровень образования</b>	<b>Бакалавриат</b>	<b>Направление/специальность</b>	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника профиль Электрические и электронные аппараты

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Гистерезисные муфты применяющиеся в системах электропривода запорной арматуры нефтепровода
---	--

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p><b>1. Производственная безопасность</b></p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты;</li> </ul> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).</li> </ul>	<p>1.1 К вредным факторам при работе запорной арматуры относятся: повышенные уровни шума и вибрации, электромагнитные излучения.</p> <p>1.2 К опасным факторам при запорной арматуры относятся: возможность поражения электрическим током при нарушении условий эксплуатации, пожаро и взрывоопасность. Пожаро и взрывобезопасность обеспечиваются рядом организационно-технических мероприятий включающих в себя разработку инструкций по пожарной безопасности на объекте и действий во время ЧС.</p>
<p><b>2. Экологическая безопасность:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу</li> </ul>	<p>2. Влияние на селитебную зону, атмосферу, гидросферу и литосферу при работе запорной арматуры отсутствует ввиду отсутствия</p>

(выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	выбросов.
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.	3. Перечень возможных ЧС: ЧС при работе запорной арматуры может возникнуть в случае стихийных бедствий либо умышленного повреждения. Последствием ЧС может являться выброс в окружающую среду транспортируемой жидкости либо газа, и её возможное последующее воспламенение. Мерами по предупреждению ЧС: Эксплуатация аппарата в соответствии с его техническими требованиями, периодическая визуальная диагностика задвижки. В результате возникновения ЧС необходимо ликвидировать ЧС при возможности собственными средствами (например, тушение пожара с помощью огнетушителя) или же вызов МЧС, пожарных.
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	4. Эксплуатируемая запорная арматура должна быть в полной исправности. Ограждение или защитные устройства должны быть установлены на место и соответствующим образом закреплены. Работать на неисправном оборудовании и при отсутствии или неисправном ограждении запрещается.
<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
<b>22.04.2016</b>	

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Невский Е. С.			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г2Г	Савельева Мария Вячеславовна		

## **6 Раздел по теме: «Социальная ответственность»**

Безопасность жизнедеятельности представляет собой систему законодательных актов и соответствующих им социально-экономических, технических, гигиенических, организационных мероприятий, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда.

В данной части ВКР рассмотрена безопасность и экологичность разработки, создания и использования гистерезисных муфт в составе электропривода запорной арматуры. Безопасность включает в себя влияние опасных и вредных факторов, их анализ и меры их профилактики.

В данном разделе, описывается несколько мероприятий по улучшению охраны и условий труда, предложены возможные чрезвычайные ситуации и их предотвращение. Выявление опасных и вредных факторов, которые встречаются в проектируемом процессе, их опасное влияние на человека и окружающую среду.

### **6.1 Производственная безопасность**

В соответствии с пунктом 4.3 общих требований безопасности трубопроводной арматуры [1] можно выделить ряд вредных проявлений рабочей зоны, таких как шум и вибрация; электромагнитное излучение.

Повышение уровня шума и вибрации на рабочих местах оказывает вредное воздействие на организм человека. В результате длительного воздействия шума нарушается нормальная деятельность сердечно-сосудистой и нервной системы, пищеварительных и кроветворных органов, развивается профессиональная тугоухость, прогрессирование которой может привести к полной потере слуха. На постоянных рабочих местах допустимый уровень шума составляет 80 дБА в соответствии с ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности».

По СН 2.2.4/2.1.8.562-96 нормируются параметры шума и составляют:

- для лаборатории составляет 75 дБА;
- для вентиляции составляет 70 дБА;
- при работе с компьютером составляет 50 дБА.

При проектировании контактора и его проверки уровень шума составляет от 70дБА до 90дБА, что требует некоторых мер по борьбе с шумами, например:

- правильная организация труда и отдыха;
- снижение и ослабление шума;
- применение звукопоглощающих преград;
- применение глушителей шума;
- применение средств индивидуальной защиты от шума.

Общие требования безопасности для некоторых рабочих мест приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 Допустимые уровни звукового давления и эквивалентного уровня звука.

Рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Конструкторские бюро, программисты, лаборатории	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Электромагнитные излучения наибольшее влияние оказывают на иммунную, нервную и эндокринную системы. Иммунная система уменьшает выброс в кровь специальных ферментов, выполняющих защитную функцию, происходит ослабление системы клеточного иммунитета.

Электрические и магнитные поля:

- поверхностный электростатический потенциал  $\leq 500$  В;

- напряженность перем. электрического поля частотой  $2 \text{ Гц} \div 2 \text{ кГц} \leq 25 \text{ В/м}$ ;
- напряженность перем. электрического поля частотой  $2 \div 400 \text{ кГц} \leq 2,5 \text{ В/м}$ ;
- плотность потока перем. магнитного поля частотой  $2 \text{ Гц} \div 2 \text{ кГц} \leq 250 \text{ нТл}$ ;
- плотность потока перем. магнитного поля частотой  $2 \div 400 \text{ кГц} \leq 25 \text{ нТл}$ .

В соответствии с СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 «Электромагнитные излучения. Санитарные правила и нормы» защита персонала от воздействия Электромагнитных излучений осуществляется путем проведения организационных и инженерно-технических мероприятий, а так же использования средств индивидуальной защиты. К средствам индивидуальной защиты относятся защитные очки, щитки, шлемы, защитная одежда (комбинезоны, халаты и т.д.).

## **6.2 Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого контактора**

К опасностям при разработке и эксплуатации электропривода запорной арматуры относятся: механическая, электрическая, пожарная, термическая, промышленная и взрывоопасность.

Работа с электроустановками требует повышенной осторожности. Т.к. в магнитно-гистерезисной муфте не предполагается электрических обмоток, то поражение электрическим током от муфты возможно при нарушении изоляции обмоток двигателя в составе ЭП.

При повреждении проводов электрической цепи, есть риск поражения электрическим током. Электрический ток, протекая через организм человека, оказывает тепловое (термическое), электролитическое и биологическое воздействие. Это может вызывать серьезные последствия для здоровья. Ожоги вызываются тепловым действием электрического тока или электрической дуги.

Электролитическое воздействие проявляется в разложении плазмы крови и др. органических жидкостей, что может привести к нарушению их физико-химического состава.

Для обеспечения электробезопасности использования установок все мероприятия можно разделить на организационные и технические. К организационным мероприятиям относят правильный подбор персонала, своевременное обучение работников правилам пожарной безопасности, контроль за соответствием монтажа электроустановок ПУЭ, проведение периодической диагностики оборудования. К техническим мероприятиям можно отнести применение устройств защиты электроустановок от перегрузок и КЗ, защиту животных и людей от контакта с поверхностями, представляющими опасность, заземление и зануление установок, использование изолирующих площадок и диэлектрических настилов, оснащение всех работников защитными средствами и контроль за их использованием.

К защитным средствам относятся приборы, аппараты, устройства и инструмент, предназначенные для защиты персонала от поражения электрическим током. Защитные средства, используемые для монтажа, наладки и обслуживания силовых щитов:

- а) указатель напряжения;
- б) инструмент с изолирующими ручками;
- в) перчатки резиновые диэлектрические;
- г) галоши резиновые диэлектрические;
- д) коврик резиновый диэлектрический.

Так как нефтепродукты пожаро- и взрывоопасны, то при несоблюдении требований безопасности возможно возникновение аварийных ситуаций, которые могут нанести вред персоналу и окружающей среде. По правилам охраны труда для магистральных трубопроводов все приборы, устанавливаемые в помещениях и наружных установках должны

соответствовать требованиям к исполнению по ПУЭ [7], требованиям к взрывозащищённому оборудованию по ГОСТ 12.2.021 [8], ГОСТ 12.2.020 [9].

В соответствии с этими требованиями безопасность муфты можно обеспечить:

- конструктивной схемой;
- наличием предупредительных надписей на внешних съёмных элементах электропривода;
- выполнением со степенью защиты не ниже IP67.
- включением требований безопасности в техническую документацию по монтажу, эксплуатации, транспортированию и хранению;
- взрывозащищённость обеспечивается заключением во взрывонепроницаемую оболочку, выдерживающую давление взрыва внутри неё и исключаящую передачу взрыва в окружающую среду.

Пожаро- и взрывозащищённость должна быть обеспечена прежде всего своевременными мероприятиями по пожарной охране, высокой квалификацией персонала в сфере охраны труда.

В соответствии с пунктом 4.3 общих требований безопасности трубопроводной арматуры необходимо обеспечить герметичностью магнитно-гистерезисную муфту относительно внешней среды, а также проведение монтажа в соответствии с технической документацией.

### **6.3 Экологическая безопасность**

Гистерезисная муфта в системе электропривода запорной арматуры не является источником загрязнения окружающей среды, так как не наносит вред гидросфере, воздушному бассейну и литосфере при нормальном режиме работы, не имеет выбросов или отходов.

### **6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

При неправильной работе гистерезисной муфты возникает опасность нанесения вреда окружающей среде, человеку и его жизнедеятельности при

нарушении целостности нефте- и газопровода, когда происходит выброс транспортируемой среды. Причинами могут быть стихийные бедствия, технологические и человеческие факторы, в результате чего могут возникнуть механические пробои, разрывы из-за гидравлического удара, утечки.

Анализ ЧС при эксплуатации контактора постоянного тока.

К ЧС при эксплуатации электропривода запорной арматуры относятся: возгорание электродвигателя, отказ системы управления, а так же заклинивание задвижки. Отсутствие надлежащего контроля температур в рабочих элементах запорной арматуры отрицательно сказывается на их сроке службы и производительности. При одновременном возникновении течи и возгорании в задвижке окружающей природе и персоналу может быть нанесён серьёзный ущерб.

В числе мер, призванных предупредить сбои в работе запорной арматуры является её изначальное высокое качество сборки, и в частности жёсткий контроль за герметичностью всех соединений как у нового изделия, так и в процессе эксплуатации.

В силу труднодоступности магистральных трубопроводов и невозможности быстро добраться до места аварии в случае ЧС необходимо серьёзно задумываться о возможных последствиях даже самой незначительной аварии. Даже небольшая своевременно не ликвидированная течь может обернуться страшной катастрофой не только для владельца трубопроводной магистрали но и для экологии всего района.

## **6.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

При производстве и эксплуатации электропривода запорной арматуры необходимо руководствоваться нормативным документом ГОСТ Р 53672-2009 «Арматура трубопроводная. Общие требования безопасности»; ПОТ РО112-002-98. Правила труда при эксплуатации магистральных трубопроводов.



Нормирование шума производится по ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности».

Нормирование вибрации производится по ГОСТ 12.1.012-90 «Вибрационная безопасность. Общие требования».

Работы по ТО и ТР, испытанию и наладке электрического и электронного оборудования необходимо производить в соответствии с ГОСТ 12.1.019 – 79 «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты" и ПУЭ.

Предотвращение или уменьшение воздействия на работающих с проектируемым аппаратом определяется по ГОСТ 12.4.011-75 «Система стандартов безопасности труда. Средства защиты работающих. Классификация»

## **Заключение**

В данной ВКР был произведён анализ технических характеристик гистерезисных муфт в составе электропривода запорной арматуры.

В первом разделе изложены основные сведения о запорной арматуре трубопроводов, и в частности их функциональное назначение, технические характеристики и способы модернизации, в частности с помощью применения в составе электропривода запорной арматуры гистерезисных муфт.

Во втором разделе описаны конструктивные особенности устройства гистерезисных муфт, их принцип действия и материалы, необходимые для обеспечения работоспособности муфты.

В третьем разделе, посвящённом анализу технических характеристик гистерезисных муфт, рассчитаны основные размеры гистерезисных муфт в зависимости от требуемой величины передаваемого момента. Данные, полученные в ходе расчётов, позволили сделать вывод о преимуществе гистерезисной муфты с аксиальным воздушным зазором над муфтами с радиальным воздушным зазором, исследовать зависимость использования муфтами материалов в зависимости от типа конструкции и получить представление о предельных для муфт значениях передаваемого момента.

В разделе «Технология производства электрических аппаратов» представлен технологический процесс общей гистерезисной муфты с аксиальным воздушным зазором и тангенциальным намагничиванием, составлена маршрутная карта, и выбрано сборочное оборудование и оснастка, а также проведён анализ норм времени.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» была доказана экономическая конкурентоспособность данного технического решения, был произведён SWOT-анализ, планирование, которое ограничило выполнение работы в 116 дней. Также был посчитан бюджет научно-технической информации равный 327440 руб, основная часть которого приходится на зарплаты сотрудников.

В разделе «Социальная ответственность» рассмотрен ряд вопросов по технике безопасности, возможным чрезвычайным ситуациям и экологичности работы электропривода запорной арматуры.

Был проведен анализ:

1. Потенциальной опасности исследуемого объекта для людей и окружающей среды;
2. Мероприятий и средств по обеспечению безопасности на рабочем участке;
3. Мероприятий и средств по обеспечению безопасности в чрезвычайных ситуациях.

## Список используемой литературы

1. Севастьянихин Г. И., Задвижки: конструкции, новые разработки. Выбор в зависимости от условий и параметров эксплуатации // Наука и конструирование, 2006, №5, с. 40-45
2. Гарганеев А.Г., Каракулов А.С., Ландграф С.В.. Электропривод запорной арматуры: монография / Томский Политехнический Университет. – Изд-во Томского Политехнического Университета, 2012. – 157 с.
3. Руководство по эксплуатации Электропривод взрывозащищённый с двусторонней муфтой ограничения крутящего момента для запорной арматуры Ду 500-12006 Ру 8,0-15,0:// ТОМЗЭЛ. - Томск., 2013.-34 с.
4. Гумеров А.Г., Гумеров Р.С., Акбердин А.М. Эксплуатация оборудования нефтеперекачивающих станций. – М.: ООО «НедраБизнесцентр», 2001. – 475 с.
5. Сейнов С.В. Трубопроводная арматура. Исследования. Производство. Ремонт. – М.: Машиностроение, 2002. – 392 с.
6. Удут Л.С., Мальцева О.П., Кояин Н.В. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов. Часть 6. – Механическая система электропривода постоянного тока: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2004. – 144 с.
7. Мизюрин С.Р., Ермилов М.А.. Проектирование магнитно-гистерезисных муфт. – М.: Ротапринт МАИ, 1966. – 123 с.
8. Бут В.А. Бесконтактные электрические машины: Учеб. Пособие для электромех. и электроэнерг. спец. ВУЗов. — М.:Высш.шк., 1990. 416 с.: ил.
9. Чередниченко И.В. Формирование высококоэрцитивного состояния и магнитные свойства сплавов системы Fe-Cr-Co-Mo.//Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. МИСиС. М. 2010. С. 144.
10. Миляев А.И. Разработка и исследование деформируемых магнитотвердых сплавов на основе системы Fe-Cr-Co с содержанием 8-10 масс.

% кобальта.//Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. МИСиС. М. 2004. С. 110.

11. Курсовое проектирование по технологии производства электрических машин и аппаратов: учебное пособие / А.Д. Чесалин, П.Р. Баранов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 148 с.

12. Антонов М.В. Технология производства электрических машин. – М.: Энергоатомиздат, 1993. – 592 с.

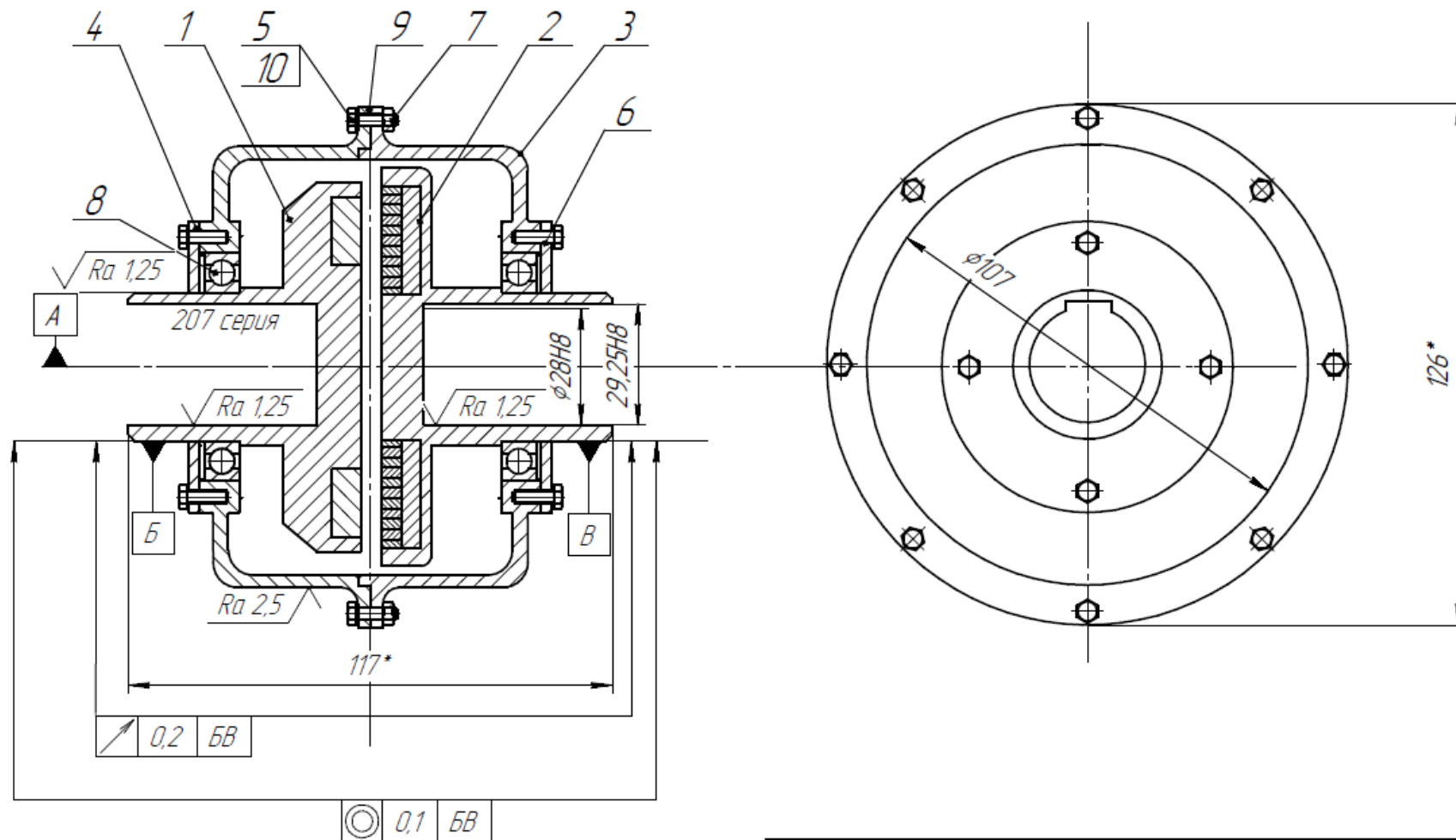
13. Общемашиностроительные нормативы времени на слесарную обработку деталей и слесарно-сборочные работы по сборке машин. Мелкосерийное и единичное производство. – М.:Машиностроение, 1974.

14. Замятин В.К. Технология и оснащение сборочного производства машиноприборостроения: Справочник. / Замятин В.К. – М.: Машиностроение, 1995. – 608 с.

15. Т.В. Толченев. Техническое нормирование станочных и слесарно-сборочных работ. Рипол Классик, 2013 – 404 с.

ФЮРА.303580.001 СБ

# ПРИЛОЖЕНИЕ А



- 1 \* Размер для справок.
- 2 Окрашивать поверхность эмалью ГФ-92С.

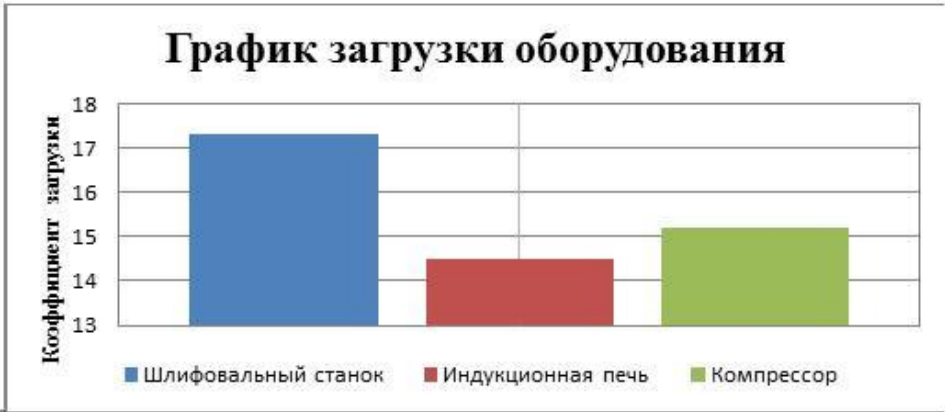
ФЮРА.303580.001 СБ				Гистерезисная муфта с тангенциальным намагничиванием		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	Масса
Разраб.	Сидельева МВ				4	1:1
Проб.	Баранов П.Р.				Лист	Листов 1
Т.контр.					НИИПУ ЭНИИ Группа 5Г2Г	
Н.контр.					Формат А3	
Утв.					Копирвал	

Перв. примен.	Справ. №	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
						Документация		
		А3			ФЮРА.303580.001 СБ	Сборочный чертеж		
						Сборочные единицы		
			1	ФЮРА.303580.015	Ведомый диск	1		
			2	ФЮРА.303580.026	Ведущий диск	1		
							Детали	
				5	ФЮРА.731243.005	Крышка	2	
				3	ФЮРА.731463.003	Деталь корпуса	1	
				4	ФЮРА.731463.004	Деталь корпуса	1	
						Стандартные изделия		
				6		Болт М6 х12 ГОСТ 7808-70	8	
				7		Болт М6х20 ГОСТ 7810-70	4	
				8		Гайка М6х12 ГОСТ 5915-70	8	
				9		Подшипник 207 ГОСТ 8338-75	2	
		10		Прокладка ГОСТ 28759.6-90	1			
Изм. № подл.	Изм. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ФЮРА.303580.001 СБ	
		Разраб.	Савельева М.В.				Гистерезисная муфта с тангенциальным намагничиванием	
		Пров.	Баранов П.Р.					
		Н.контр.						
		Утв.						Лит.
							1	2
						НИТПУ ЭНИН Группа 5Г2Г		

Ишб. № подл.	Подп. и дата	Взам. ишб. №	Ишб. № подл.	Подп. и дата



Стр. №	Перв. примен.	ФЮРА.303580.002



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ФЮРА.303580.002	Лит.	Масса	Масштаб
						у		1:1
Разраб.		Савельева М.В.			График загрузки оборудования	Лист	Листов	1
Проб.		Сипайлова Н.Ю.						
Т.контр.						НИТЛУ ЭНИИ		
Н.контр.						Группа 5Г2Г		
Утв.								

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инд. № дил.

Взам. инд. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

ФЮРА.303580.003

Ведущий диск 1  
ФЮРА.303580.026

Шлифовать выходную часть

Напрессовать горячей посадкой

Шлифовать стыковую поверхность

Подшипник  
ГОСТ 8338-75

Закрепить снаружи подшипника

Корпус 2ч.  
ФЮРА.303580.001

Ведущий диск 1  
ФЮРА.303580.015

Шлифовать выходную часть

Напрессовать горячей посадкой

Шлифовать стыковую поверхность

Подшипник  
ГОСТ 8338-75

Закрепить снаружи подшипника

Корпус 1ч.  
ФЮРА.303580.001

Болт М6х12  
ГОСТ 7810-70

Гайка М6х12  
ГОСТ 5915-70

Шайба М6  
ГОСТ 11371-80

Болт М6х12  
ГОСТ 7810-70

Шайба М6  
ГОСТ 11371-80

Закрепить

Подшипниковый щит  
ФЮРА.303580.001

Окрасить  
Эмалью ГФ92-ГС

Муфта  
ФЮРА.303580.001

ФЮРА.303580.003

Изм. Лист

№ докум.

Подп.

Дата

Разработ.

Савельева М.В.

Пров.

Сипайлова Н.Ю.

Т.контр.

Н.контр.

Утв.

Схема сборки гистерезисной муфты

Лит.

Масса

Масштаб

Лист

Листов

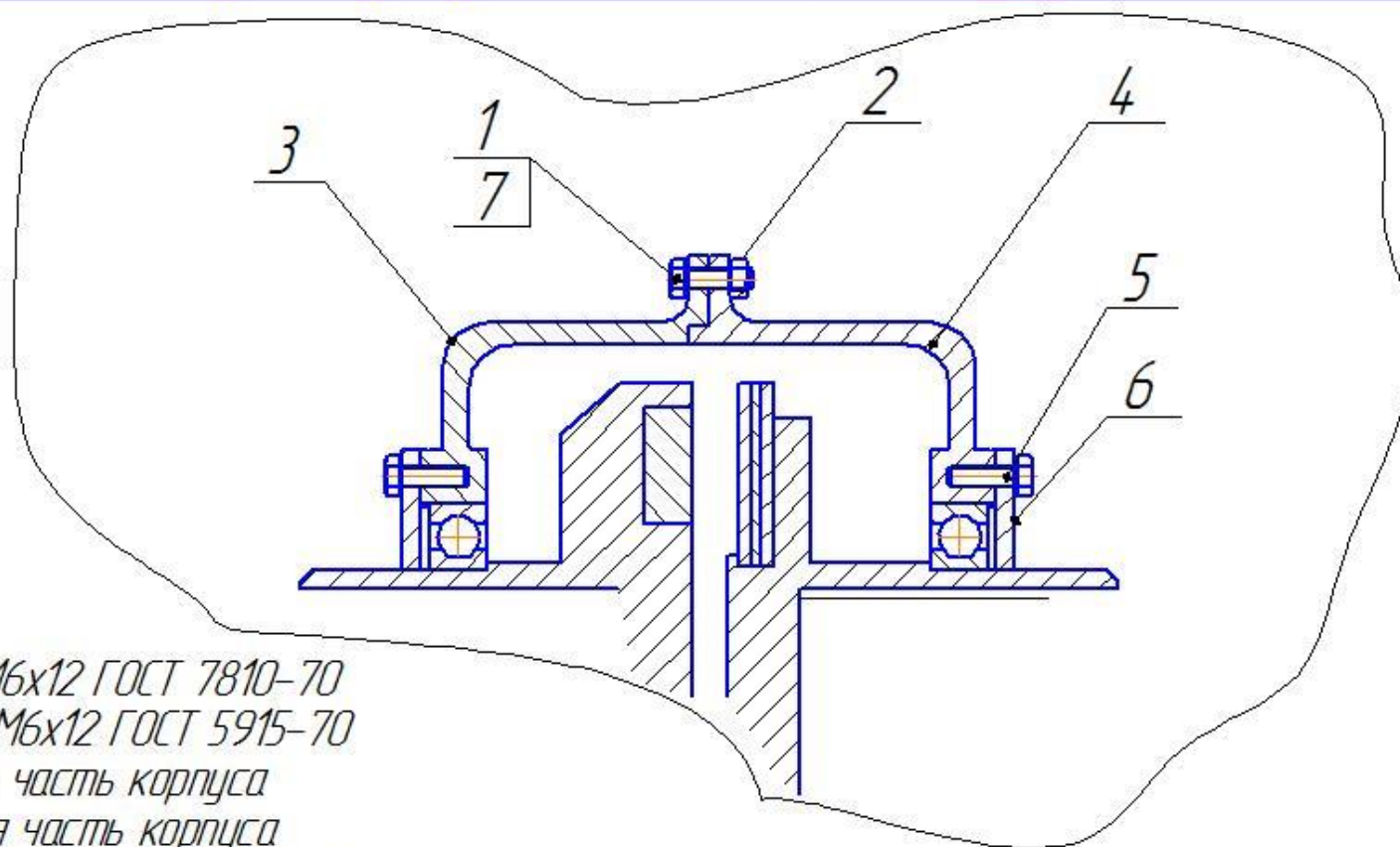
Копировал

Формат А4

Формат А4

# ПРИЛОЖЕНИЕ Б

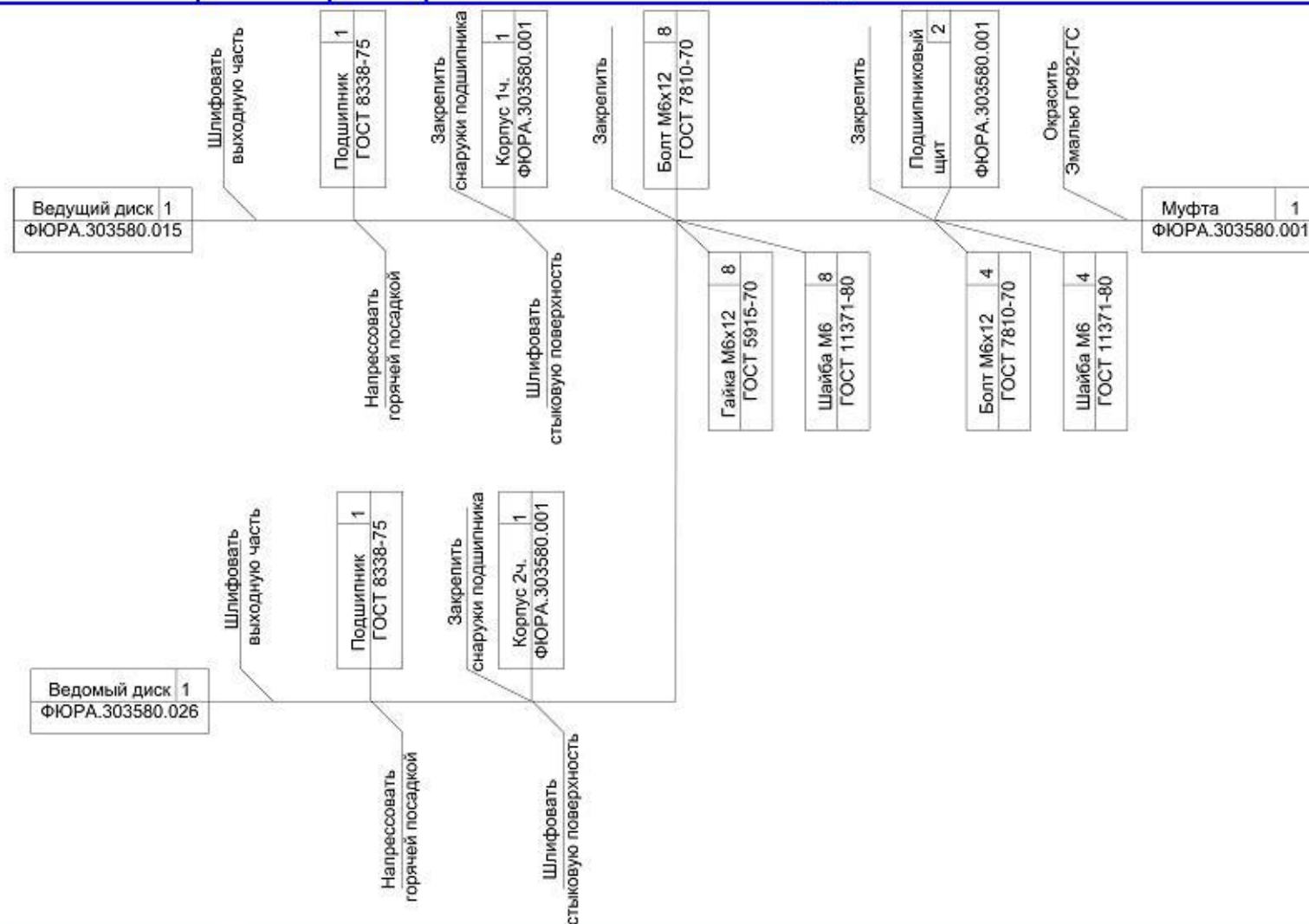
Разраб.	Савельева МВ.			НИТЛУ, ЭНИН			
				Группа 5Г2Г			
Н. контр.				Гистерезисная муфта			



1. Болт М6х12 ГОСТ 7810-70
2. Гайка М6х12 ГОСТ 5915-70
3. Первая часть корпуса
4. Вторая часть корпуса
5. Болт М6х20 ГОСТ 7810-70
6. Подшипниковый щит
7. Шайба М6 ГОСТ 11371-80



Разраб.	Савельева М.В.			НИИПЧ, ЭНИИ Группа 5Г2Г			
Н. контр.				Гистерезисная муфта			



ПРИЛОЖЕНИЕ В

51

НИИПЧ, ЭНИН

ФЮРА.303580.001

Гистерезисная муфта

0

Комплект документов  
на технологических процесс сборки  
гистерезисной муфты с тангенциальным намагничением  
ФЮРА.303580.001

										5		2							
Разраб.		Савельева М.В.				НИТЛУ, ЭНИН		ФЮРА.303580.001											
						Группа 5Г2Г													
Н контр.						Гистерезисная муфта				0									
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код наименование операции				Обозначение документа										
Б					Код наименование оборудования				СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт
А 01					001	4170, шлифовальная													
Б 02					381021, станок шлифовальный KSM-1				2	19630	2								
К 03	Ведущий диск								ФЮРА.303580.015										
О 04	Обработать наружный диаметр ведущего диска под установку подшипников при помощи щеток станка до шероховатости																		
О 05	поверхности Ra 125.																		
																	То=10	Тв=0,21	
К 06	Ведомый диск								ФЮРА.303580.026										
О 07	Обработать наружный диаметр ведомого диска под установку подшипников при помощи щеток станка до шероховатости																		
О 08	поверхности Ra 125.																		
																	То=10	Тв=0,21	
Т 09	398000, абразивные щетки; халат мужской ГОСТ 124.132-83; перчатки ГОСТ 28846-90.																		
А 10					002	8823, запрессовывание													
Б 11					344203, индукционный нагреватель SCORPIO TIBH 1				2	18466	3								
К 12	Подшипник 180305 ГОСТ 8338-75																		
О 13	Протереть подшипник и ведущий диск. Закрепить подшипник в индукционном нагревателе. Нагреть до 90 °С, вытащить подшипник и напрессовать																		
О 14	на ведущий диск.																		
																	То=0,3	Тв=0,31	
К 15	Подшипник 180305 ГОСТ 8338-75																		
О 16	Протереть подшипник и ведомый диск. Закрепить подшипник в индукционном нагревателе. Нагреть до 90 °С, вытащить подшипник и напрессовать																		
КТП		Карта технологического процесса																	



КТП	Карта технологического процесса
-----	---------------------------------



КТП	Карта технологического процесса
-----	---------------------------------

КТП	Карта технологического процесса
-----	---------------------------------